



普通高中教科书

通用技术

选择性必修3

工程设计基础



普通高中教科书

通用技术

选择性必修3

工程设计基础

主编 顾建军 奚 鹰 陈长亚



江苏凤凰教育出版社
Phoenix Education Publishing, Ltd

随着科学技术突飞猛进的发展，技术日益成为我们生活中几乎无时不在、无处不在、无所不在的客观存在，成为引起社会变化、塑造社会变化和应对社会变化的重要因素，也成为实现中华民族伟大复兴的重要支柱。因此，技术素养是当代青少年的基本素养。通用技术课程是普通高中学生人人必须修学的课程。

通用技术是指当代技术体系中较为基础、在日常生活中应用较为广泛、育人价值较为丰富并与专业技术相区别的技术，是学生适应社会生活、高等教育和职业发展所必需的技术。普通高中通用技术课程，以提高学生的学科核心素养为主旨，以设计学习、操作学习为主要特征，是一门立足实践、注重创造、体现科技与人文相统一的课程。它的学习过程是同学们主动建构知识、不断拓展关键能力、铸造积极价值观和关键品格的过程，是一个富有生机、充满探究、方式多元的活动过程。

相信通用技术的学习一定会成为同学们高中时光中夯实基础、练就素养、挑战自我、享受创造与发展乐趣的美好生活的一部分。

章

第二章 工程的设计

- 一 工程设计的一般过程与基本要素
- 二 工程设计的方法与面向X的设计（DFX）

一、工程设计中的评价与决策

了解本书章节和任务的构成，能使我们总揽全貌，形成关于课程学习的宏观架构。

学习目标

学习目标会使我们明确学习的方向，为进入学习过程做好心理准备。

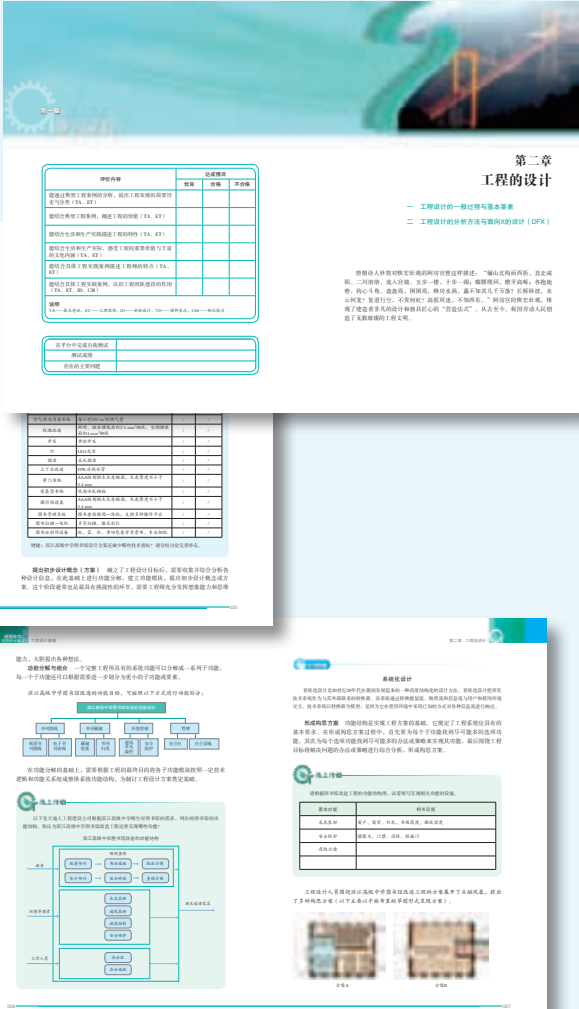
同学们，欢迎你们进入技术世界。

基于学生生活经验和技术学科基本特点的情境，带领我们走进真实的技术世界，发现复杂而真实的技术问题，进入富有意义建构的学习过程。

每节有2~4个相互联系的任务。我们将在完成一个个任务的过程中，建构积极价值观、必备品格和关键能力，形成核心素养。

技术体验 选用

亲临其境、亲自动手、亲身体验是本栏目的宗旨。这里的一系列精彩项目将使我们经历激动人心的操作实践，使我们感受到技术实践的特有乐趣，感悟到技术世界的丰富多彩。



学习评价

对学习过程和学习结果作一回顾总结和反思，有助于学习目标的真正实现，有助于核心素养的有效形成。

综合实践

将本章所学内容与本学科其他内容、与其他学科知识、与自己已有知识和经验综合起来，可以提高综合能力，领略学习的最高境界。

本章小结

在学完一章后，以思维导图形式，对学习内容进行概括和归纳，有助于我们学会学习和自我建构。

练习

生动活泼、形式多样的作业，使我们所学的内容得以巩固，同时也打通了与课外活动结合的通道。

拓展阅读 选用

这些是我们技术学习中拓宽视野、深化认识、铸造精神、品味技术信息的“美味佳肴”，不要错过哟。

案例分析 选用

本栏目富有典型意义的范例、素材、话题是学习中对话的平台，使我们享受到由丰富的技术感性走向深刻的技术理性的快乐。

小贴士

基于关键的技术问题，立体化地加以呈现，这是我们思维互联、智慧众筹、头脑风暴的广阔天地。

学习反思

学习，是一个螺旋上升的过程，它永无止境……

学习目标

选择一种在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

案例背景

案例背景：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

展示模型

展示模型：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

任务二 维修工程的局部建设与仿真

任务二：维修工程的局部建设与仿真。在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

案例背景

案例背景：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

展示模型

展示模型：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

任务设计

任务设计：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

马上行动

马上行动：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

具体设计

具体设计：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

马上行动

马上行动：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

案例背景

案例背景：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

展示模型

展示模型：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

任务设计

任务设计：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

马上行动

马上行动：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

具体设计

具体设计：在不确定条件下实现决策的图形化数学方法，在必须选择的情况下，对多个决策方案进行决策分析，提高决策能力。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用正方形表示）、机会节点（通常用圆形表示）、损益节点（通常用矩形表示）。

决策树分析步骤：

1. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
2. 从问题的初始状态开始，画出决策树。
3. 在问题的初始状态开始，画出决策树。
4. 从问题的初始状态开始，画出决策树。

技术试验

技术试验是在技术活动中为了某种目的所进行的尝试、检验、优化等探索性的实践活动，使我们的实践才能和创新能力得到展示。

技术探究

穿插在课文之中、形式多样的活动使我们所学的知识与技能得到及时的巩固、应用和内化，也是我们学会技术学习的有力工具。

技术提示



目录

工程设计基础



第一章 认识工程

一、工程的发展与内涵

任务一 领略工程的历史与文化/002

任务二 理解工程的内涵与类型/006

二、工程的价值与特性

任务一 感受工程的价值/010

任务二 剖析工程的特性/011

三、工程师与团队建设

任务一 分析工程师工作的特点/016

任务二 组建工程团队/018



第二章 工程的设计

一、工程设计的一般过程与基本要素

任务一 探究工程设计的一般过程/024

任务二 探析工程设计的基本要素/030

二、工程设计的分析方法与面向X的设计 (DFX)

任务一 认识工程设计的分析方法/036

任务二 探究面向X的设计 (DFX) /040



第三章 工程图样与建模

一、认识工程图样

任务一 认识常见的工程图样/048

任务二 绘制简单的工程图样/052

二、工程的局部建模与仿真

任务一 探究模型在工程中的作用/057

任务二 体验工程的局部建模与仿真/060



第四章 工程的决策与管理

一、工程设计中的评价与决策

任务一 认识工程设计方案的评价和决策/068

任务二 探究工程设计评价与决策的方法/072

二、探究工程项目的规划、管理与评估

任务一 明确工程项目管理的内容与方法/077

任务二 实施简单的工程项目规划、管理和评估/083

主 编 顾建军 奚 鹰 陈长亚

编写人员 (按姓氏音序排列)

陈长亚 陈界山 丛 敏 顾建军

潘 登 奚 鹰 许一鸣



第一章 认识工程

- 一 工程的发展与内涵
- 二 工程的价值与特性
- 三 工程师与团队建设

“工程”一词，我国古已有之。《新唐书·魏知古传》中的：“虽盛夏，工程严促”，《应诏陈言奏》中的：“工程不可终废”均记载了初始之工程。祖先为了抵御外敌，修筑防御工事；为了灌溉与饮水，兴修水利；为了交通便利，修桥铺路，留下了丰富的物质、文化与精神遗产。如今，我们用智慧的大脑和勤劳的双手，彰显并续写工程的力与美，追求工程的科学精神与人文精神的统一。

一、工程的发展与内涵



学习目标

- 任务一 领略工程的历史与文化
- 任务二 理解工程的内涵与类型

1. 通过典型工程案例，领略工程的历史与文化。
2. 通过案例分析初步认识工程的内涵，明确工程与科学、技术的关系。
3. 结合生产和生活的实际情况，识别工程的一般分类。



走进情境

滨江高级中学历史悠久，环境优美，人文气息浓厚。两层楼的图书馆依湖而建，馆藏丰富，曾是师生课余流连的地方，但其设施日渐陈旧，借阅率日益下降。为营造书香氛围，品阅读之美，建数字化校园，学校决定对图书馆进行升级改造，并邀请全校师生参与图书馆的改造工程。



任务一 领略工程的历史与文化

在苍茫的宇宙中，人类的祖先采集渔猎、耕种驯养，播下了原始食品工程的种子；削木为棒、磨石为器，打磨了原始机具工程的前身；构木为巢、掘土为穴，拉开了原始土木工程的序幕。随着技术的发展，人类借助工程的力量，用智慧的大脑和双手，上九天揽月，下五洋捉鳖，把器具植入人体，将万物互联为网，不断拓展自身生命活动的高度、深度、长度与广度，增加个人与社会的福祉，同时又努力保持与自然的平衡，追求科学精神与人文精神的统一。



马上行动

桩基结构在土木工程中应用广泛，从7 000多年前的河姆渡遗址到上海中心大厦都可以见到它的身影。请试着搭建一个桩基结构并测试其承重。

材料：竹木筷子30根，泥沙若干，水适量。

要求：将泥沙加水制作成软性地基，用竹木筷子搭建桩基。做好地基后用书本测试其承重。



技术提示

由桩和连接桩顶的桩承台组成的深基础或由柱与桩基连接的单桩基础，简称桩基。



图1-1 桩基上的小木屋



图1-2 上海中心大厦地基浇筑



拓展阅读

河姆渡干栏式建筑遗址

举世闻名的河姆渡遗址位于浙江省余姚市河姆渡镇，年代约为公元前5 000~3 000年。河姆渡遗址占地约4万 m^2 ，堆积厚度4m左右，上下叠压着四个文化层。即使以今天的眼光来看，这也是一个不小的村落。

河姆渡遗址中到处可见圆桩、方桩、板桩、梁柱、木板等木构件，共达千余件，据考证为“干栏式”建筑遗迹。第四文化层的一座干栏式长屋，其桩木和相紧靠的长圆木残存 220 余根，比较规则地排成四行，互相平行，呈西北—东南走向，现存最长的一行桩木长达 23 m，由西南向东北的一、二、三行之间距离大体相等，合计宽约 7m，推算其室内面积达160 m^2 以上。

干栏式建筑在我国古代文献中多有记载，它既能防潮又能防止野兽侵袭，是我国南方传统木构建筑的祖源。其榫卯技术的运用，把中国榫卯技术的历史推前了2 000多年，被考古学家称为 7 000 年前的奇迹。



图1-3 河姆渡干栏式建筑遗址

工程历史

根据工程的规模、复杂性及工程技术中的知识含量，工程发展历史可分为史前工程、古代工程、近代工程和现代工程四个阶段。

史前工程与人类的产生同源，始于人类制造石器工具，止于一万年前农业出现，对应于旧石器时代。这一时期，满足人类基本生存和维持生产需要的采集渔猎、制作石器活动是最为普遍的工程活动。



思维碰撞

史前工程的选材、工艺以及特定目的体现了人类最原始的需求和创造性本能。那么，工程活动是如何满足人类需求、体现人类创造性本能的呢？

古代工程大约始于1万年前，持续到15世纪，经历了新石器时代、青铜时代和铁器时代。古代工程时期，人类的工程技术水平及组织管理水平也提高到一个新水平，在军事、建筑、水利等工程上都取得了卓越成就，出现了古代亚述及巴比伦的金字形神塔、埃及的金字塔与方尖碑、欧洲的教堂、中国的都江堰等复杂的大型工程。



案例分析

万里长城

万里长城是中国也是世界上修建时间最长、工程量最大的一项古代防御工程，自西周时期开始，延续不断修筑了2 000多年，分布于中国北部和中部的广大土地上。我国古代劳动人

民在修筑万里长城时，总结出了“因地形，用险制塞”的重要经验，之后的每一个朝代修筑长城都是按照这一经验进行，成为军事布防上的重要依据。在建筑材料和建筑结构上以“就地取材、因材施用”的原则，创造了许多种结构方法。长城并不只是一道单独的城墙，而是由城墙、敌楼、关城、墩堡、营城、卫所、镇城、烽火台等多种防御工事所组成的一个完整的防御工程体系。



图1-4 万里长城

讨论：

1. 长城在古代的主要作用是什么？
2. 列举当地著名的工程或大型工程，并分析其结构特点。

近代工程始于15世纪欧洲文艺复兴时期，持续到19世纪末。蒸汽机的发明和广泛使用是工程发展历程中划时代的标志，它使得机械工程、采矿工程、纺织工程和结构工程相继出现。近代工程时期，人们开始关注科学原理与科学方法的合理应用，并认识到工程活动对环境的负面影响。工程师作为雇员开始出现在工程活动中，在设计和开发生产工具时开始注重团队的合作。



案例分析

埃菲尔铁塔

位于法国巴黎的埃菲尔铁塔高320多米，相当于100层楼高。4个塔墩由水泥浇灌，塔身全部是钢铁镂空结构，共有1万多个金属部件，用几百万个铆钉连接起来。

埃菲尔铁塔是世界上第一座钢铁结构的高塔，直到20世纪30年代，埃菲尔铁塔还是世界最高的建筑物，至今仍是世界著名的城市地标和符号。埃菲尔铁塔建成以来，世界各大城市竞相建造高塔，铁塔作为城市制高点和城市地标，一度演变为建筑潮流。我们在几乎任何一个城市都可以看到高耸入云的电视塔、观光塔、旅游塔。



图1-5 埃菲尔铁塔

讨论：

1. 埃菲尔铁塔设计的缘由是什么？
2. 请列举出自己身边的塔式建筑，并说说它们具有什么特点。

通常认为，现代工程以电力革命为标志，“电气化时代”的开端也是现代工程时期的开端。20世纪中期以来，形成了以高科技为支撑的核工程、航天工程、生物



工程、微电子工程、软件工程、新材料工程等现代工程。现代工程更加依赖科学的发展与进步，对自然和人类社会的影响日益重大而深远。



从大禹治水到南水北调

从古至今，我国劳动人民充分发挥自己的聪明才智，在中华大地上修建了一个又一个水利工程。

从以泾水为水源灌溉农田的郑国渠，到绵延千里、宏大不凡的京杭大运河；从都江堰鱼嘴分水造就富饶天府之国的传奇，到南水北调实现中国水资源南北调配、东西互济的合理配置格局……我国劳动人民兴修水利的印记一次次缔造和推动着新的文明与发展。

讨论：水利工程在不同的时代具有哪些不同的特点？还有什么工程像人类治水一样，能够折射出工程在不同的历史阶段具有不同的特点？



图1-6 南水北调工程

工程文化

一切工程活动都离不开自然、人和社会。工程活动自产生之日起，就通过其创造的技术产物影响着自然和社会，并实实在在地渗透进我们的生活。工程在与自然、人及社会的互动中，以人的需求及其满足为主线，与文化相融合，形成了工程文化。



滨江高级中学历史悠久，富有深厚的文化底蕴，其图书馆改造工程需结合校园文化进行。请结合对自己学校历史沿革的了解，试着说说自己所在学校图书馆是如何体现人文气息的。

工程文化是人类在工程活动中产生的物质成果和精神成果的总和，其本质是追求科学精神与人文精神的统一，具有传承性、民族性、整体性、时间性、空间性以及审美性等特征。

工程活动的主体是人，文化的主体也是人。工程与文化的融合在不同时期表现出不同的追求。在“工程造物”时，人类曾经认为万物有灵、崇尚道法自然；尔

后秉承科学主义，主张向自然界进军；现在人类认识到科学与技术是一把“双刃剑”，转而寻求人与自然的和谐发展。当今，环境保护、生态文明已成为工程文化的显性表达。



案例分析

园林的工程文化

我国有着悠久的造园历史，中国古典园林作为世界三大造园体系之一，在世界造园史上占有极其重要的地位。与其他国家园林体系相比，中国园林有着独特的个性与特征。它产生于光辉灿烂、博大精深的华夏传统文化，并根植其中，同诗歌、绘画等艺术形式互相影响、彼此渗透。因此中国园林被称为是“一首凝固的诗，一幅立体的画”。

讨论：我国有哪些著名园林？请举例分析其蕴含的工程文化。



图1-7 苏州园林



任务二 理解工程的内涵与类型

工程活动始终伴随着人类文明发展的进程，是人类文明的重要组成部分。从东方的万里长城、北京故宫、三峡工程，到西方的雅典卫城、古罗马斗兽场、英法海底隧道，再到跨越国界的基因工程、空间站合作……这些已经完成或正在进行中的工程数量众多、规模不一、类型各异、方式各样，不但直接创造了物质文明，深刻地改变了自然的面貌，而且影响着人类的精神世界和生活方式。

工程的内涵

工程是人类运用各种技术、知识和必要的资源（如资金、设备等要素）并将其有效集成，在一定约束条件下进行造物的有组织的社会实践活动。

工程可以被形象地比作一个圈层结构：内圈是纯技术要素，外圈是社会、政治、经济、文化、生态等相关要素。工程是内、外圈各种要素的集成过程、集成方式和集成模式的统一。工程的进步既取决于技术、知识、资源、资金、设备等要素的完备程度及集成能力，又取决于一定历史时期的社会、政治、经济、科学、文化、生态等发展状况。

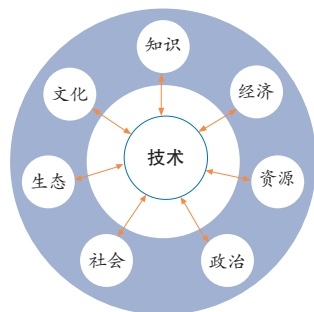


图1-8 工程结构特征图

思维碰撞

中国C919大飞机研制成功是哪些工程要素的集成?

工程源于人类生存与发展的需求。社会与自然向工程提供资源，工程则回馈社会与自然以产品和效益。科学是工程的理论基础，技术则给工程提供工艺方法和生产工具等。科学活动是以发现为核心的人类认识活动，技术是以发明为核心的实践活动，而工程则是以造物为核心的实践活动。

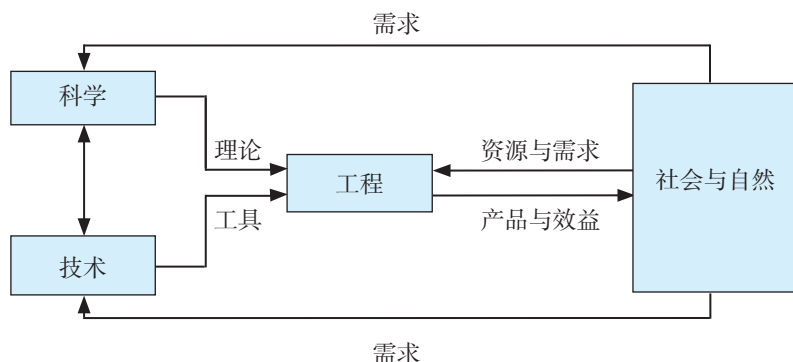


图1-9 科学、技术与工程的关系需求

马上行动

说一说下列哪些活动是工程活动。

名称	名称
爱因斯坦提出相对论	王选发明汉字激光照排系统
牛顿发现万有引力定律	开发大庆油田
海水稻种植	建造三峡大坝
农产品改良与生产	中国古代四大发明

案例分析

富有科技感的图书馆

天津市滨海新区图书馆有6层，建筑面积共计33 700 m²，建筑主体高度约为29.6 m。儿童、老年人阅读区位于最易到达的一层。随着层高的递进，图书储存室、阅览区、休息区、计算机阅览室、办公室、音像区，依次铺展抬升。

图书馆曲线阶梯的设计有明显的吸声特点，能将声波“吞噬”进孔缝中，大家可以在这里安心读书。奇特的不只是室内重峦叠嶂的设计，从馆外看更是科幻感十足。远看，图书馆中间有一个椭圆形的开口，像一只巨大的眼睛。这个“眼球”其实



图1-10 图书馆“椭圆形”开口

是一个球形多功能展演厅，被全白色的梯田书架包围。为了实现阅览区充分的自然采光，滨海新区图书馆的立面采用全玻璃幕墙系统，设置全立面的金属格栅。



图1-11 图书馆金属格栅和梯田书架

讨论：请分析该图书馆工程建设过程中蕴含的科学、技术、工程和社会因素。

工程类型

广义上来看，当人类祖先有意识地敲打出第一块有用途的小石头时，非正式意义上的工程就萌芽了。狭义上来看，人类构木为巢、掘土为穴时，就启动了土木工程建设，正式意义上的史前工程也就由此诞生了。



图1-12 石器



图1-13 木巢

古代的工程其实专指军事工程，后来从军事工程中分化出水利工程，而现代意义上土木工程的出现则是在16世纪或者更早一些。18世纪，土木与建筑成为两个独立的领域，土木工程主要指道路、桥梁等建筑；建筑工程主要指房屋建筑。土木工程是所有工程的起源，它涉及结构、市政建设、道路桥梁、供水排水、岩土等。现代的工程类型包括电气工程、环境工程、材料工程、机械工程、生物工程、计算机工程、航天工程、核工程、食品工程、海洋工程、化学工程等。

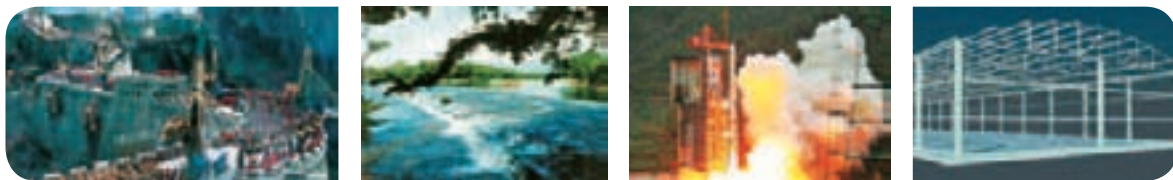


图1-14 工程领域举例



滨江高级中学图书馆改造工程属于哪一种类型的工程？



工程类型的分化是人类物质生产发展、专业知识分化的结果。然而随着跨学科问题和全球综合性问题的产生,工程领域出现了融合的趋势,土木工程与电子工程、环境工程、机械工程、计算机工程、材料工程等关系日益密切,计算机工程与电气工程、环境工程、材料工程、机械工程、生物工程等渐趋交叉。机械、电路、材料、仪器仪表、计算机是所有工程师都要学习的共同知识领域。



学习反思

滨江高级中学图书馆改造工程作为校园文化工程建设的一部分,其可能涉及哪些工程类型?应该如何处理好各类工程之间的关系?

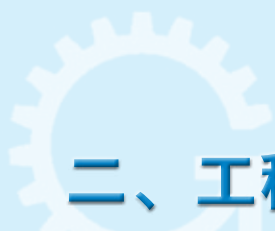


练习

1. 近年来,雾霾对中国部分城市的影响越来越大,这些城市的居民都深受其害,环境治理已经刻不容缓。环境工程主要研究如何保护和合理利用自然资源,利用科学的手段解决日益严重的环境问题、改善环境质量、促进环境保护与社会发展。请谈一谈身边实施的环境工程。

2. 2013年,我国提出的“一带一路”倡议,旨在借用古代丝绸之路的历史符号,高举和平发展的旗帜,积极发展与沿线国家的经济合作伙伴关系,共同打造政治互信、经济融合、文化包容的利益共同体、命运共同体和责任共同体。“一带一路”经济区开放后,承包工程项目突破3 000个。从南美的浩瀚星空到非洲的茂密丛林,从印度洋畔万顷碧波到青藏高原的皑皑白雪……沿线国家积极响应、深度参与,从愿景到行动,正在逐步成为拉动区域乃至全球向前发展的新引擎,而科技创新正是驱动这一引擎的核心动力。请查阅资料,说说“一带一路”建设都包含哪些工程,它与古代丝绸之路有何区别。

3. 上海中心大厦是工程师们第一次在超高层建筑中使用双层玻璃幕墙创造的环保、舒适的空间。请查阅资料,了解上海中心大厦的基本情况,若有机会可实地参观,感受现代工程的魅力。小组可就此讨论现代工程具有的特性。



二、工程的价值与特性

- 任务一 感受工程的价值
- 任务二 剖析工程的特性



学习目标

1. 结合典型工程案例，分析工程的价值。
2. 通过具体的工程案例和体验活动，剖析并理解工程的特性。



走进情境

滨江高级中学就图书馆改造工程需求征求师生意见。师生希望改造后的图书馆能够与校园整体文化融为一体，实现馆藏图书的数字化转换、网络信息资源整合，方便图书借阅、信息查询，并能够召开小型研讨会、提供适当的茶水与饮料服务，提升人性化学习体验，成为师生专业成长、精神生长的助推站。



任务一 感受工程的价值

工程造物因人类生存的需求而产生，给人类、自然和社会带来效用、效益或效应，这就是工程的价值。工程价值是工程活动及其成果满足人类需求的一种关系，是所造之物及造物过程对人和社会的有用性。



思维碰撞

滨江高级中学图书馆改造工程应有哪些价值？其中，主导价值是什么？

工程价值的构成

工程活动是价值定向的活动，工程价值又反映了工程活动的整体特性。不同工程活动需要满足不同的需求，所以具有多种属性，因此工程价值也有很多类别。从哲学的角度将工程价值划分为生存价值、发展价值、功利价值、环境价值、人文价值和终极关怀价值。以建筑工程为对象，以工程的功能为基础，对工程价值的分类包括：使用价值、经济价值、环境价值、社会价值和文化价值。不同工程侧重的工程价值类别不同，如营利性工程重视工程的经济价值，而非营利性工程重视工程的社会价值等。



案例分析

空中花园

高线公园是一个位于纽约曼哈顿中城西侧的线型空中花园。它原本是1930年修建的一条



连接肉类加工区和哈德逊港口的铁路货运专用线，在1980年后，曾一度面临拆迁困境。在纽约民众的大力保护下，铁路专用线不但免遭拆除厄运，还建成了独具特色的空中花园走廊，为纽约赢得了巨大的社会效益，成为国际设计和旧物重建的典范。



图1-15 纽约曼哈顿的高线公园

讨论：旧铁路专线完成了它的历史使命，纽约人为什么不愿意拆除？试从工程价值的构成角度进行分析。

工程价值是工程实践的产物，工程价值在工程实践中得以创造产生，并随着时空的变化而变迁。人类社会不同阶段，工程价值取向不同；同一时间尺度上，不同空间范围的工程价值取向也不尽相同。以国家体育馆——鸟巢为例，初期其工程价值主要在于满足奥运会场馆的需要，然而在奥运会结束后，鸟巢的工程价值转变成了旅游、大型体育赛事以及演唱会等活动的举办场地。



马上行动

现代建筑工程与原始建筑工程相比，价值取向发生了哪些变化？



任务二 剖析工程的特性

技术是工程的核心要素，工程的特性与技术的特性有共同之处，都具有社会性、实践性、综合性、科学性与经验性、伦理性、创新性、复杂性等。除此以外，工程也有自身特殊的属性，如约束性、规范性、效益性和风险性等。

社会性

工程的目标是服务于人类，为社会创造价值和财富。工程活动的过程受社会、政治、经济、文化等的制约，其社会属性贯穿工程的始终。



马上行动

人工智能技术应用于残疾人康复，是如何体现工程的社会性的？



图1-16 残疾人智能康复训练系统

科学性与经验性

遵循科学规律是保证工程顺利实施的重要前提。毫无疑问，现代工程的设计与实施需要融合多个学科的知识，且必须在科学理论的指导下进行。同时，为使工程能够达到预期效果，工程的设计和实施人员也要具备相关领域的实践经验。事实上，工程活动与人类的实践活动同源。第二次工业革命前，人类的工程实践活动更多依赖的是工匠的经验。



拓展阅读

“金刚腿”门槛

明朝工匠蒯祥，精通建筑技术，并善于创新，宫殿建筑中的“金刚腿”活络门槛，就是他发明的。相传在重建故宫的三大殿时，缅甸国向明王朝进贡了一根巨木，皇帝下令把它用作大殿门槛。施工时，有个木匠不慎将木头锯短了一尺，那个木匠吓得跑去报告蒯祥。蒯祥来到现场仔细琢磨后，索性叫木匠再锯短一尺。随后，蒯祥在门槛两端雕琢了两个龙头，再在边上各镶一颗大珠，用活榫头装卸。“金刚腿”就这样问世了。“金刚腿”门槛可拆可卸，使用方便，皇帝看后大加赞赏，称蒯祥为“蒯鲁班”。

约束性

约束意味着限制。任何工程都是在特定时间、特定环境下实施的项目，受到时间、地点、材料、资金、技术等要素的限制。时间充足或仓促，自然条件优越或恶劣，资金充足或缺乏等对工程的设计与实施影响甚大。



案例分析

梁思成为西南联大设计茅草屋

1937年7月，清华大学、北京大学、南开大学的师生万里迁徙，辗转南下，在昆明共同组成了西南联大。师生们忍受着物质条件的困苦贫乏，为民族复兴和国家昌盛而教而学。



当时，著名建筑学家梁思成、林徽因夫妇也到了昆明。校长梅贻琦先生就请梁思成夫妇为西南联大设计校舍，二人欣然受命。一个月后，第一套设计方案跃然纸上。但是这个方案很快被否决，原因很简单：经费短缺。

在此后的两个月里，梁思成夫妇又把设计方案更改了多次：高楼变成了矮楼，矮楼变成了平房，砖墙变成了土墙。当他们交出最后一套设计方案时，西南联大建设处处长黄钰生无奈地告诉他们，希望梁思成再作一次调整。

听闻此言，梁思成忍无可忍：“我已经修改到第五稿了，从高楼到矮楼，从矮楼到平房，现在又要我去盖茅草房。你们知不知道农民盖一幢茅草房要多少木料？而你给的木料连盖一幢标准的茅草房都不够！”听了梁思成的话，梅贻琦叹了口气，声音颤抖地对梁思成说：“正因为如此，才需要土木工程系的老师们对木材的用量严格计算啊。”

讨论：梁思成的设计方案为什么要一改再改？有人说：“为西南联大设计茅草屋，也许是梁思成一生中最痛苦、最委屈的工程。”对此，你有什么看法？



图1-17 梁思成与林徽因



图1-18 西南联大

■ 效益性与风险性

工程实践都有明确的效益目标，这主要表现为经济效益、社会效益和环境—生态效益。另一方面，效益总是伴随着风险，包括资金风险、劳动安全风险、能耗风险等。



马上行动

房地产开发是城市建设的重要方面，它改善了人民生活条件，带动了经济增长，改造了城市景观。但是，也有一些住房建设工程因管理不善、资金短缺等原因不能顺利完工而变成了“烂尾楼”，不但使买房人和投资人蒙受巨大的经济损失，还破坏了当地景观，甚至破坏了生态环境。请你谈谈对这种现象的看法。

■ 复杂性

工程的复杂性体现在工程技术系统本身结构与功能的复杂性。每个工程都依靠多个独立且互相联系的活动个体完成特定任务，即包含各种各样互相关联的要素，这些要素导致工程具有内在复杂性；每个工程都需要一种或多种不同的资源，它在不同的社会背景、不同的认知及不同能力等情况下，体现出不同的结果，这导致工程具有外在复杂性。内在和外在复杂性统称为工程的复杂性。



拓展阅读

港珠澳大桥

港珠澳大桥是目前世界最长、工程量最大、技术难度最高的跨海大桥，其沉管隧道是目前全球最长的公路沉管隧道和全球唯一的深埋沉管隧道。伶仃洋上航道密集、气象多变、海底环境复杂，在水下近50米处建设深埋沉管隧道，在国际上被视为“技术禁区”，因此它的建造异常复杂。

在建设过程中，工程团队对沉管的设计、生产和安装技术进行了一些创新，为世界海底隧道工程技术提供了独特的样本和宝贵的经验。最后一节沉管的安装按传统方法至少需要8到10个月，但工程团队创造新方法，仅用一天就完成了安装。该沉管隧道技术的复杂程度位居全球首位。



图1-19 港珠澳大桥东人工岛

伦理性

人类的工程实践不仅是开发和利用自然的技术活动，还是人、自然与社会和谐相处的伦理活动。工程的最终目的是为了造福人类，工程在应用过程中必须受到道德的约束。工程的伦理性探讨的是人们如何“正当地行事”，如何与自然和谐发展的基本原则。



马上行动

干细胞工程取得巨大突破，克隆动物在技术上已经不是难题。你是否赞同克隆动物？是否赞同克隆人？为什么？



案例分析

充满诗意的阅读场所

阅读的方式可以不一样，书店也可以不一样。书店要与自然结合，甚至利用高科技手段打造更多的可能性，给人们更美好的阅读体验。像下面这样典雅而又有创意的书店，就成为读者一个神圣而美好的读书场所。



图1-20 充满诗意的书店



讨论：案例中的书店都体现了工程的哪些特性？这对滨江高级中学图书馆改造有什么启发？



拓展阅读

图书机器人系统

尽管大型图书馆中摆满了纸质书和期刊，但其内部多数空间却被走廊占据。工程技术可以提供更加有效的方式来保存和借阅这些纸质书和期刊，即自动化图书存储系统。

美国北卡罗来纳州立大学的图书机器人系统就是一个例子，它从2013年开始运行，包括4个机器人可以到达的将近2万个大抽屉，每个抽屉包含将近100册图书，计算机对每册书存储在哪个抽屉有完整的记录。当学生或教职工想要借阅某书时，图书机器人系统派出机器人取回包含这本书的抽屉来到处理中心，工作人员从抽屉中找出这本书，机器人再将抽屉放回去。当图书被归还时，整个过程反过来执行一遍。机器人系统存储的图书是传统书架存储图书的9倍左右，由此腾出来的空间可以作为学习空间、会议室等，极大地节省了空间。



图1-21 图书机器人系统



学习反思

有人说工程特性是工程活动独有的性质，每一项工程实践都要体现所有的工程特性。我们应该如何看待这个问题？



练习

阅读资料，回答问题。

超级液化天然气运输船采用分段建造的方式，要求每一个细节甚至小到螺钉的尺寸都要精确无误。它的船体是用上百种数量多达6 000多张的钢板切割成不同形状后焊接而成的。每块钢板在船体上都有自己的位置，每块钢板的侧边都有一个专用的条形码，里面记录了规格、进厂日期及责任人等信息。对钢板的切割和加工也必须严格进行，17 m的钢板误差只能在1.5 mm之内。

它承担着世界上最危险的液化天然气运输，每一个分段工程上的疏忽都会给人类带来毁灭性的灾难。从建造、组装到运输，每一个环节都不能放松与马虎，惊心动魄但完美无缺、绝对安全。

1. 为什么要建造这种液化天然气运输船？它体现了什么样的工程特性？
2. 为什么要用专用条形码？它体现了什么工程特性？
3. 你认为超级液化天然气运输专用船还体现了工程的哪些特性？分别表现在哪些方面？

三、工程师与团队建设



学习目标

- 任务一 分析工程师工作的特点
- 任务二 组建工程团队

1. 通过案例分析，熟悉工程师工作的特点。
2. 通过活动体验，分析工程团队的组成，并模拟组建一支工程团队。



走进情境

图书馆改造涉及电气、供给水等不同的专业领域，应交给专业的建筑工程公司团队合作完成设计、施工和监理比较妥当。学校决定面向社会招标，遴选资质较佳的公司来实施该工程。



任务一 分析工程师工作的特点

“科学家研究已有的世界，工程师创造未来的世界”，冯·卡门教授这句广为流传的名言巧妙地揭示了工程师工作的特点与价值。尽管工程活动与人类的产生同源，但现代意义上的工程师——能够独立完成某一专业技术任务的设计、施工工作的专门人员，大约是1760年在苏格兰以“土木工程师”这一社会职业登上历史舞台的。

工程师的类型

工程师是从事工程相关工作人员的总称。例如，我们赖以生存的生态环境需要环境工程师来保护，居住的房屋需要土木工程师会同环境工程师、消防工程师一起设计，使用的电气设备需要工艺设计师设计、电气工程师安装，乘坐的交通工具需要机械工程师来维护。随着现代工程领域的不断分化，空间技术、网络技术、物联网技术、人工智能技术兴起，又出现了航空工程师、网络工程师、人工智能工程师等新的工程师类型。



马上行动

在滨江高级中学图书馆改造工程中，要拆除旧墙、平整地面、铺设水电，你认为应该请哪些工程师来解决？为什么？



■ 工程师的重要能力

在工程活动中，工程师必须具有一定的知识、经验，有时也需要直觉判断。工程师所掌握的知识可以帮助他深刻地理解事物是如何工作的。如自然科学（物理、化学和生物）帮助工程师理解物质世界，数学的通用语言架起不同学科之间的桥梁。工程师所掌握的经验能帮助他获取解决问题的方法、程序、技术和法则。而直觉则是工程师的一种本能，它能针对待解决的问题联想到一个可能合理的方法或答案，直觉需要丰富的知识与经验作为基础，需要一次次的实践才能获得。



图1-22 医疗器械工程师



样式雷

17世纪末清康熙年间，一个南方匠人雷发达来北京参加营造宫殿的工作。因为技术高超，他很快就被提升担任设计工作。自此，雷氏家族七代人一直为皇室营造宫殿。现存主要的清代皇室建筑如圆明园、承德避暑山庄、北京故宫、天坛、颐和园及清东陵和西陵等都是雷氏负责设计的。这个世袭的建筑师家族被称为“样式雷”，他们是我国古代建筑设计史、科技史上杰出工程师的代表。

现今，在中国国家图书馆、中国第一历史档案馆、故宫博物院还可以见到“样式雷”建筑样图，它涵盖了众多类型，比如投影图、正立面、侧立面、旋转图、等高线图，工程的每一个细节、每一个结构的尺寸，都被一一记载。此外，“样式雷”还画了“现场活计图”，即施工现场的进展图。

样式雷图档的存世，证明了我国清末建筑绝不完全是仅靠工匠的经验修建而成的，它充分说明了我国清末高超的建筑设计水平，填补了我国古代建筑史研究的空白。

讨论：“样式雷”建筑世家具有哪些重要的工程能力？



图1-23 清皇陵图样



图1-24 “样式雷”烫样

■ 工程师的职业道德

工程师要用自己的知识与技能增进全人类的福祉，把公众的安全、健康和利益放在职业责任中最优先的位置，正直无私地为公众、雇主和顾客提供忠诚的服务，致力于提高自身的职业能力和职业声望，并且为所属的职业和技术团体提供力所能及的支持。



案例分析

花旗集团中心大楼曾被秘密加固

赫赫有名的花旗集团中心位于纽约曼哈顿，当时这块土地仅卖给花旗集团空中使用权。1977年，花旗银行总部耗资2亿美元建造的新大厦落成。该建筑楼高279 m，共59层，是一个纯钢结构打造的具有独特斜屋顶的大厦。新大厦底部由4根高35 m的巨柱承托，分别位于大楼每一面的中央。

在当时没有先进的计算机计算技术、完全靠手工计算的情况下，这简直是一大奇观，所以该建筑结构上的历史性突破在当时广受好评。

然而1978年，一名女大学生对这项工程大胆断言：花旗集团中心大楼会被强风吹倒。负责该项目的工程师计算了建筑两个面同时受风时建筑构件的应力，计算结果令他崩溃：现在的结构确实不能承受双向受力的强风。

该工程师经历了激烈的心理斗争——因为这一结果一旦公布，自己的公司将面临极大的窘境。最终，他决定重新加固大厦。

讨论：如果你是这位工程师，你会作出怎样的决定？你觉得工程师的职业道德应该体现在哪些方面？



图1-25 花旗集团中心大楼

工程师利用科学家发现的自然法则设计或改进产品及其流程，使之更加符合工程的需求。工程的类型不同，从事工程系统操作、设计、管理与评估工作的工程师的类型也各不相同；工程师职称级别不一样，要求具备的知识和能力也不一样。但是，不管是哪种类型或者级别的工程师，都要了解所在领域的理论知识，具备系统思考的能力，熟悉本领域国内外现状和发展趋势，具备必要的经验、敏锐的直觉和高尚的职业道德。



任务二 组建工程团队

工程活动是人的实践活动，复杂的工程项目需要组建工程团队集体攻关，并加强团队的沟通与合作。

工程团队的构成

工程团队可分为技术团队和管理团队，其中技术团队是工程团队的核心，一般可由工程技术专家、工程师、工程技术人员、技术工人等四部分人员构成。工程团队人员“术业有专攻”，但对于工程的顺利实施而言，每个成员都很重要。

工程技术专家	工程师	工程技术人员	技术工人
能独立地进行判断、设计、开发、制造，操作和维护产品、设备，设计流程与提供服务	负责优化现有技术和新兴技术的应用，分析与解决工程问题，以及与工程流程、系统、设备等相关的高风险管理工作等	具有所从事行业的理论知识，将成熟的技术与流程用于解决实际的工程问题	掌握某一门技术，在工程技术人员的指导下进行实际施工或操作

案例分析

载人航天工程飞船应用系统团队——为“神舟”飞天助力

从来没有哪项工程像中国载人航天工程飞船应用系统那样复杂烦琐，也从来没有哪项工程拥有如此巨大的团队，他们以中科院空间科学与应用总体部为首，多个单位精诚团结，以智慧和汗水在航天飞船应用系统打造出一支独一无二的“梦之队”。

从中国载人航天工程开始成立以来，应用系统人才队伍逐渐壮大，基本完善了专业配置，具备了系统实施航天器有效载荷设计、研制以及总体管理的能力。一批有经验的技术型管理人才被提升到重要管理岗位，任命了一批中青年正/副总指挥、副总设计师、正/副主任设计师，形成了一支强干的总体管理和技术队伍。

讨论：查阅资料，结合案例分析载人航天工程团队建设都包括哪些人员？你还知道哪些工程团队建设的例子？请与大家分享。

拓展阅读

工程团队组建的准则

每个工程团队建立后都需要明确团队合作中的一些准则。具体如下表所示：

准则	具体工作
明确领导角色	负责使项目工作列表中的每条原则被所有人理解
达成一致目标	团队成员应该都认同项目的目标，如果选择的方法出现问题，可在中途重新制订新目标
明确各自职责	每个成员都应承担团队中的某一项特定职能，各个角色不应互相排斥，保证设计问题的任一方面至少有一个人负责落实
明确操作流程	团队应该商定一套完成工作的流程，可以用相关时间管理工具来进行项目管理
维持良好的人际关系	团队成员要学会与队内每个人合作，工程的专业化要求成员忽略个性冲突，专注于手头工作



马上行动

请模拟组建滨江高级中学图书馆改造工程团队，并明确分工和任务，与大家交流团队组建的想法和经验。

工程团队的沟通与交流

工程团队的工作不是每个成员孤立进行的，只有团队中的每个人都在工程活动的每个阶段与其他人沟通，才能确保复杂工程项目的成功。



马上行动

全班同学根据一定原则组建若干个4到6人的团队，用2 mm×2 mm、2 mm×4 mm、2 mm×8 mm、6 mm×6 mm的桐木条和502胶水搭建一座木塔骨架模型（如图1-26）。工具有美工刀、直尺和切割垫板。

思考：

1. 在活动过程中大家是如何合作的？
2. 搭建过程中遇到哪些问题？你们是怎么解决的？



图1-26 木塔骨架模型

开展工程活动时，做好工程师日志很重要。工程师日志也被称为工程师笔记。一本好的工程师日志可以永久记录并保存项目实施过程。项目实施时，每个团队成员单独写日志，记录与本职工作相关的所有数据、图表、测试结果等。项目完成后，所有团队成员的日志收集起来，形成项目活动的完整记录。



学习反思

工程师既要有共通能力，又要有专业能力。那么，哪种能力是工程师应具备的重要能力？

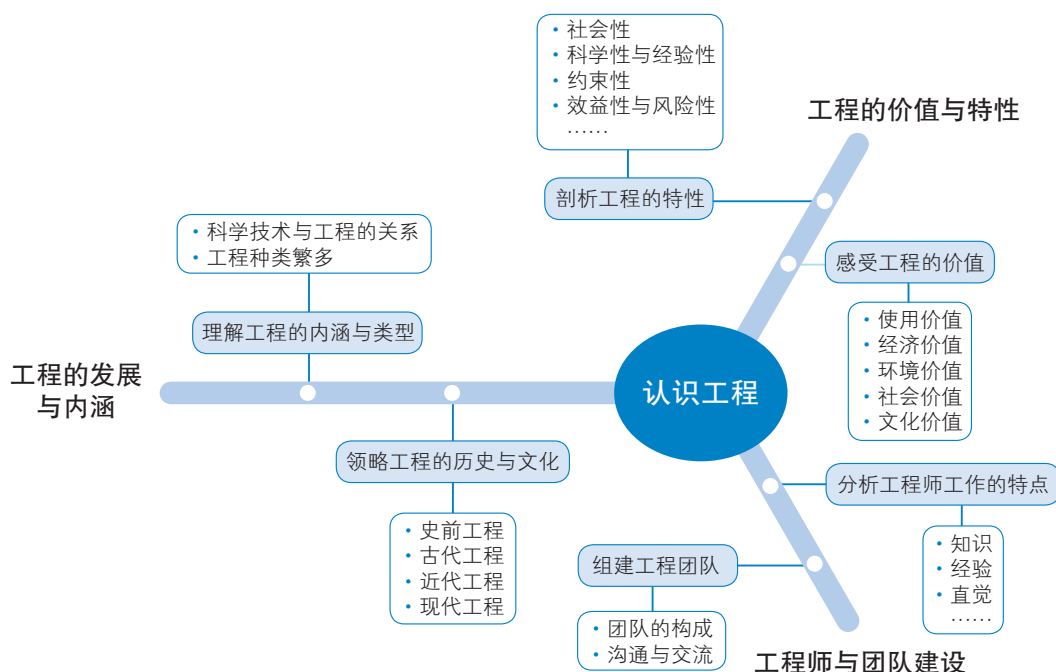


练习

1. 采访一位工程师，请他谈谈他曾参与过的印象最深刻的工程。
2. 上网查找“无国界工程师”，说说这一职业的工作特点和要求。



本章小结



综合实践

1. 阅读下文，分析其中蕴含的工程思想与价值。

建安二十四年（公元219年）七月，关羽安排南郡太守糜芳守江陵，将军傅（衍）士仁守公安，率驻扎在江陵的大部分荆州军队向襄阳、樊城进发，很快将襄阳、樊城分别包围起来。关羽率兵攻取樊城。曹操遣于禁、庞德救援。庞德预制棺木，誓与关羽死战。适逢天降大雨，襄水暴涨，困住于禁、庞德。关羽发现于禁部队旗号不整，军士慌乱，又见襄江水势甚急。他了解了地形，又根据秋雨连绵，襄江之水必然泛涨的情况，差人堰住各处水口，待水发时，乘高就船，放水一淹，又于汉水口预备战筏。当夜风雨大作，于禁军队大乱，关羽及众将皆摇旗鼓噪，乘大船趁势而下大败敌军，活捉了于禁和庞德，大败敌军。



2. 王老师买了一套130 m²的住房，三室两厅一卫，但没有设置储物间。他联想到上一套住房因没有空间堆放杂物而凌乱不堪的场景，想与装修公司商量利用空余空间设计建造一处储物间，使其既具有储物功能，又具有装饰功能。储物间改造虽然是一个小工程，但是能给王老师家庭生活带来方便和乐趣。

（1）请分析该项工程的价值体现在哪些方面，具有什么样的基本特性。

（2）如何组建王老师家的储物间改造工程团队？

第一章

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
能通过典型工程案例的分析，说出工程发展的简要历史与分类（TA、ET）			
能结合典型工程案例，阐述工程的价值（TA、ET）			
能结合生活和生产实践描述工程的特性（TA、ET）			
能结合生活和生产实际，感受工程的重要价值与丰富的文化内涵（TA、ET）			
能结合具体工程实践案例描述工程师的特点（TA、ET）			
能结合具体工程实践案例，认识工程团队建设的作用（TA、ET、ID、CM）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	



第二章 工程的设计

- 一 工程设计的一般过程与基本要素
- 二 工程设计的分析方法与面向X的设计（DFX）

唐朝诗人杜牧对恢宏壮观的阿房宫曾这样描述：“骊山北构而西折，直走咸阳。二川溶溶，流入宫墙。五步一楼，十步一阁；廊腰缦回，檐牙高啄；各抱地势，钩心斗角。盘盘焉，囷囷焉，蜂房水涡，矗不知其几千万落！长桥卧波，未云何龙？复道行空，不霁何虹？高低冥迷，不知西东。”阿房宫的恢宏壮观，体现了建造者非凡的设计和独具匠心的“营造法式”。从古至今，我国劳动人民创造了无数璀璨的工程文明。

一、工程设计的一般过程与基本要素

- 任务一 探究工程设计的一般过程
- 任务二 探析工程设计的基本要素



学习目标

1. 通过典型的工程设计案例分析，理解工程设计的一般过程。
2. 理解工程设计中应考虑的典型要素，并能对简单工程设计案例进行分析。
3. 经历简单工程项目的设计，体验工程设计的一般过程。



走进情境

天地人工程建设公司在滨江高级中学图书馆改造工程招标会上中标。该公司对项目需求进行了分析、研究，并对拟建工程现场进行了全面考察。在此基础上，工程师团队着手对滨江高级中学图书馆的改造进行工程设计。



任务一 探究工程设计的一般过程

工程设计是为实现生产和生活目的而进行的一种构思活动，是以综合应用各类技术因素和非技术因素来满足人们某种需要和特定目的的工程规划过程。工程设计过程通常分为概念设计、具体设计和详细设计三个阶段。本书主要以小型建设项目——图书馆的改造设计来探究工程设计的一般过程。

■ 概念设计

概念设计是工程设计的开始阶段，主要任务是在明确需要解决问题的基础上，通过收集和分析信息形成初步概念，并提出一系列可能的备选方案，然后再从众多方案中确定一个最佳方案。

确立设计任务 工程设计是为了满足用户需求而进行的创造性的问题解决过程。其首要任务是充分了解用户需求、明确设计要求。在工程设计中，通常利用设计任务书将工程设计的具体需求与目标确立下来。这既是进行工程设计的起点，又是落脚点。设计任务书主要包含以下内容：工程内容、投资规模、经济技术指标、质量要求、建设进度等。



马上行动

结合生活经验和自己对工程的初步认识，说一说设计任务书还应包括哪些内容。



滨江高级中学图书馆工程设计任务书（部分）

滨江高级中学师生就图书馆的建设需求与工程设计方案开展了充分的讨论和交流，经过分析论证，确立了如下工程设计任务：

- 1. 项目名称
滨江高级中学图书馆改造工程。
- 2. 建成后应达到的预期效果
环境怡人，能够满足纸质图书借阅和电子图书查询、下载的需要。
- 3. 施工周期
40天。
- 4. 设计依据
符合现行国家、行业、地方法律法规及标准。
- 5. 主要技术指标（部分）

名称	性能、参数	单位	数量
吸顶空调	5匹冷暖吸顶式中央空调	/	/
新风系统	风量范围100~1500 m ³ /h， 噪音：22~40 dB	/	/
空气动态消毒系统	每小时250 m ³ 的换气量	/	/
线路改造	照明、插座横截面积2.5 mm ² 铜线，空调横截面积4 mm ² 铜线	/	/
开关	单控开关	/	/
灯	LED光源	/	/
插座	五孔插座	/	/
上下水改造	PPR冷热水管	/	/
带门书柜	AAA级胡桃木木皮贴面，木皮厚度不小于0.4 mm	/	/
密集型书柜	优质冷轧钢板	/	/
圆形阅读桌	AAA级胡桃木木皮贴面，木皮厚度不小于0.4 mm	/	/
图书管理系统	图书查询借阅一体机，支持多种操作平台	/	/
图书扫描一体机	多页扫描，激光彩打	/	/
图书证制作设备	红、蓝、白、黄四色卷帘背景布、专业相机	/	/

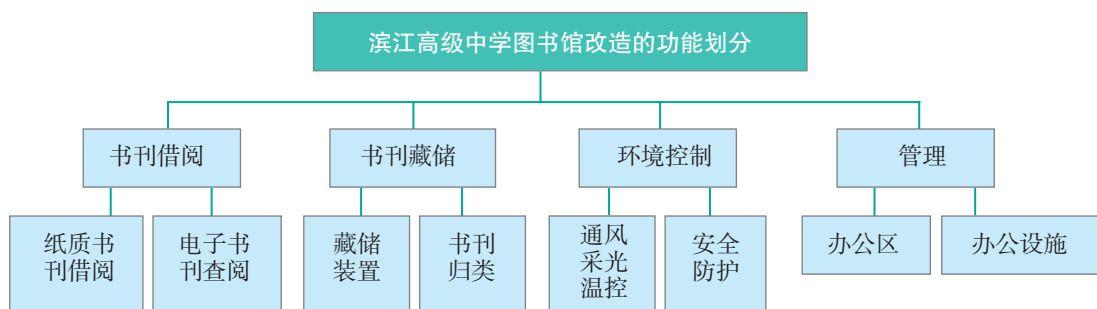
讨论：滨江高级中学图书馆设计方案还缺少哪些技术指标？请分组讨论完善补充。

提出初步设计概念（方案） 确立了工程设计目标后，需要收集并综合分析各种设计信息，在此基础上进行功能分解，建立功能模块，提出初步设计概念或方案。这个阶段通常也是最具有挑战性的环节，需要工程师充分发挥想象能力和思维

能力，大胆提出各种想法。

功能分解与组合 一个完整工程所具有的系统功能可以分解成一系列子功能，每一个子功能还可以根据需要进行进一步划分为更小的子功能或要素。

滨江高级中学图书馆改造的功能目标，可按照以下方式进行功能划分：

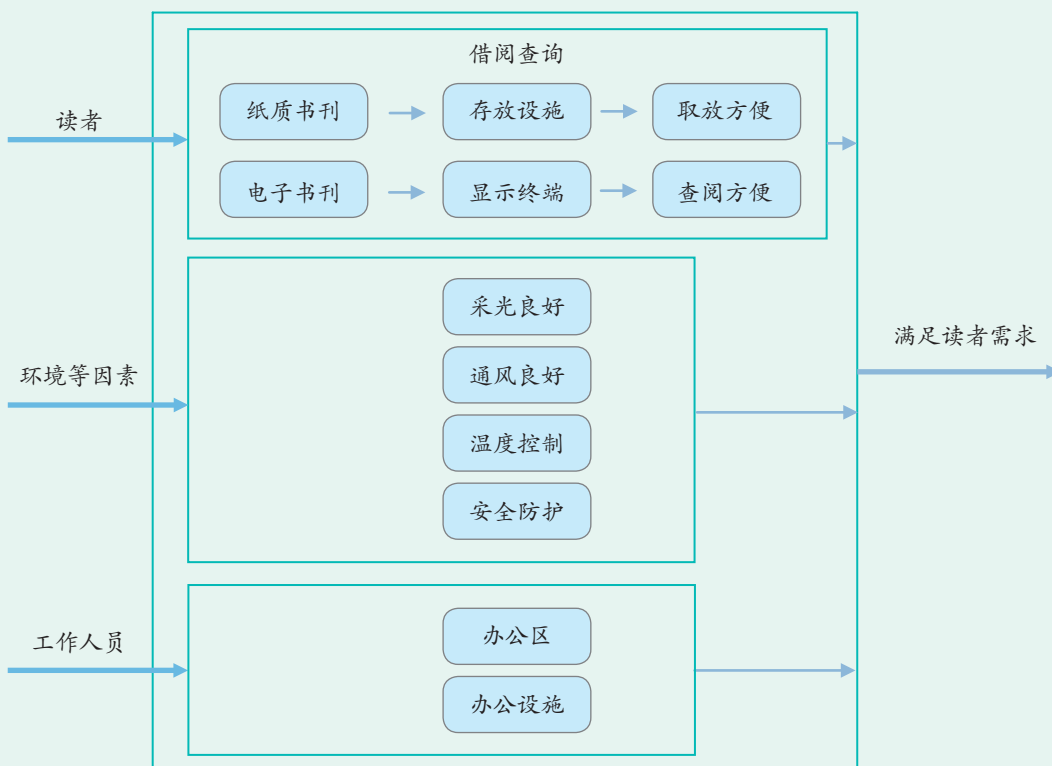


在功能分解的基础上，需要根据工程的最终目的将各子功能模块按照一定技术逻辑和功能关系组成整体系统功能结构，为制订工程设计方案奠定基础。



以下是天地人工程建设公司根据滨江高级中学师生对图书馆的需求，列出的图书馆的功能结构。你认为滨江高级中学图书馆改造工程还要实现哪些功能？

滨江高级中学图书馆改造的功能结构





系统化设计

系统化设计是20世纪20年代在德国发展起来的一种高度结构化的设计方法。系统化设计把所有技术系统作为与其外部联系的转换器。该系统通过转换能量流、物质流和信息流与用户和使用环境交互。技术系统以转换器为模型，是因为它在使用环境中采用已知的方式对各种信息流进行响应。

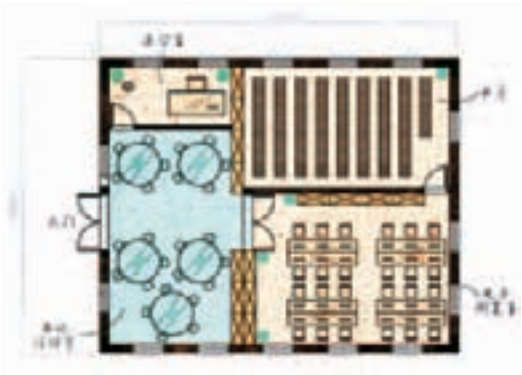
形成构思方案 功能结构是实现工程方案的基础，它规定了工程系统应具有的基本要求。在形成构思方案过程中，首先要为每个子功能找到尽可能多的选项功能，其次为每个选项功能找到尽可能多的办法或策略来实现其功能，最后围绕工程目标将解决问题的办法或策略进行综合分析，形成构思方案。



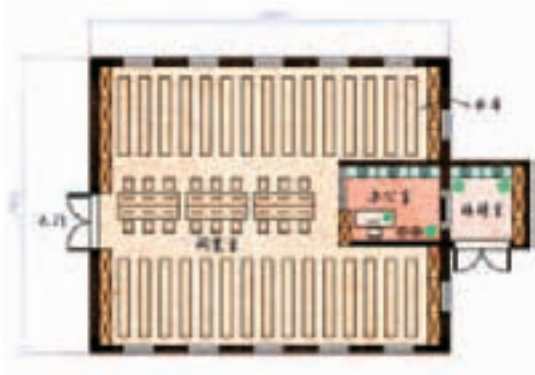
请根据图书馆改造工程的功能结构图，试着填写实现相关功能的设施。

基本功能	相关设施
采光良好	窗户、窗帘、灯光、书架高度、摆放密度
安全防护	摄像头、门禁、消防、防盗门
存取方便	

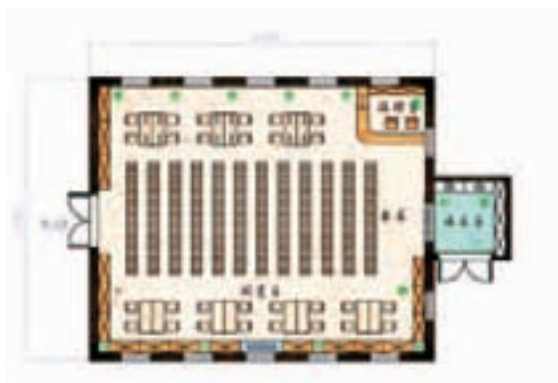
工程设计人员围绕滨江高级中学图书馆改造工程的方案展开了头脑风暴，提出了多种构思方案（以下主要以平面布置的草图形式呈现方案）。



方案A



方案B



方案C



方案D

方案A 有四个功能区，分别是书库、电子阅览室、活动室、办公室，能够满足师生阅读、查询、交流的需求。

方案B 主要由阅览室和书库组成，营造浓厚的书香气息和阅读氛围。

方案C 阅览区分布在书库两侧，更加方便取放图书。

方案D 由阅读区、休息区、古籍区、书库等组成，更加人性化的设计，让读者有更好的阅读体验。



请就以上方案的优缺点和可行性展开分组讨论，并进行交流。

方案评价与选择 一旦建立了多个足够详细的构思方案，就需要根据工程设计的要求，采用科学的工程决策方法，从众多方案中筛选出最佳方案。

工程设计人员在充分征求滨江高级中学师生要求的基础上，通过科学决策，确定采纳方案D作为初步工程设计阶段的最终构思方案。

■ 具体设计

概念设计阶段确定的构思方案，主要是利用绘制草图或效果图等方式表现工程设计的基本布局、样式，确立工程设计的基本思路，但还不能具体地表达工程系统各部分的组合关系。因此，具体设计的主要任务就是将概念设计中的初步构思通过技术语言及工程工具（技术语言主要以绘图方式展现，工程工具主要以各种建模软件呈现）清晰完整地呈现出来，形成具体的设计方案，并在此基础上通过合适的实验方法验证方案的可行性。

在工程的具体设计阶段，需要绘制各种工程图准确地呈现和传递具体的工程设计信息，为详细设计奠定基础。除此之外，还需要通过工程建模将工程图样转换成三维实物或仿真模型，把工程系统的物理性质与数学上的相似性关联起来，预测工程系统的行为性质，保障工程的质量。

工程图样和模型的种类繁多，是指导施工的重要依据，将在第三章中重点探讨。



案例分析

北京大兴国际机场

飞过万米高空，俯瞰神州大地，金色的北京大兴国际机场航站楼在阳光下熠熠生辉。由旅客大厅所在的核心区和五个手指形廊道组成的航站楼，外形酷似“凤凰展翅”（如图2-1、2-2）。



图2-1 平面设计图



图2-2 机场空间布局

北京大兴国际机场“凤凰展翅”的“大骨架”由12 300个球形节点和超过60 000根杆件组成（如图2-3）。整个航站楼一共使用了12 800块玻璃，其中屋顶用玻璃8 000多块，规格全都不相同（如图2-4）。



图2-3 “凤凰展翅”大骨架



图2-4 机场屋顶

机场的屋顶中心由一个六边形天窗、六条条形天窗、八个气泡窗相互连接，组成顶部主要自然采光体系，可以让室内自然光采光面积超过60%（如图2-5）。以航站楼中心位置为原点，半径90 m的范围，都是没有柱子的高大空间，核心区屋顶屋盖钢结构投影面积18万 m²，相当于25个足球场的面积，可以完整地装下整个“水立方”。半径90 m外是支撑屋顶的8根C型柱，连通了高达49 m的屋顶和地面（如图2-6）。



图2-5 气泡状天窗



图2-6 机场C型柱

除此之外，大兴国际机场还有很多“黑科技”：智能停车楼，让停取车智能快速；机场高速及跑道自融雪系统，让出行风雪无阻；为行李植入芯片，防止丢失。人性化设计给人们登机带来无尽乐趣：五指廊的放射状构型，让旅客乘机所需时间不超8分钟；中国风庭院休息

区，为旅客提供了放松的候机环境和绿色的活动空间；整个航站楼的正下方，可以快速换乘京霸高铁、廊涿城际、新机场快轨等，让旅客换乘无忧；专有的“亲友话别区”，使得旅客在安检后依然可以在大厅与家人告别；休闲娱乐区，让旅客告别候机焦虑。



图2-7 中国风庭院休息区



图2-8 机场休闲、娱乐、购物区

北京大兴国际机场是从中国经典名著里飞出的吉祥神鸟，融入了开放包容的国际化元素，在设计建造中创造了多个世界之最，掀开了中国交通史的新篇章。

- 讨论：1. 请结合案例谈谈该工程是如何进行具体设计的。
2. 请在了解的工程领域中举出典型案例，并简要说明在哪些方面体现了具体设计。

详细设计

详细设计是工程设计过程的最后阶段，此阶段的主要任务是绘制详细工程图样并制订相关设计说明，是产品生产或工程施工的标准和依据。

详细设计的主要任务有：完成工程图、完成物料清单、编制产品设计说明书、完成验证原型试验、进行最终成本评估、准备设计项目报告、设计终审、设计交付制造等。



马上行动

试分析在滨江高级中学图书馆改造工程的详细设计中，需要完成哪些任务。



任务二 探析工程设计的基本要素

工程从本质上可以理解为围绕着一个新存在物的各种工程要素的集成过程。因此，工程设计的任务就是根据工程需求将各种工程要素集成和整合起来，形成满足人们或社会需求的物质体系。

性能需求

产品的性能是在一定条件下，产品实现预定功能目的或者规定用途的能力。产品性能包括性质和功能，不同的产品性能所包含的内容是不同的，例如最高时速、最大硬度等。工程系统的性能，是指系统各部分或功能模块综合运行的能力。

案例分析

农居地震安全工程性能分析

2006年地震前，甘肃省文县临江镇东风沟村位于半山坡上，当时该村共73户，333人，地震使全村90%以上的房屋倒塌或严重毁坏。地震后按照恢复重建规划，新村建设完全按照农居地震安全工程标准进行规划、设计和施工。

所有农居均本着经济实用、抗震安全的原则，按照地震部门提供的当地抗震设防要求进行8度设防。根据每户经济情况，由镇政府委托具有设计资质的勘察设计公司统一进行设计，并将设计图纸提交县建设、地震部门审查备案，为每户提供不同的房屋户型及庭院布局设计供选择。总体要求房屋平面、立面尽量规则对称，基础采用水泥毛石砌筑，以砖混和框架结构为主，按标准设置上下圈梁、过梁和构造柱，确保纵横墙体之间有足够的拉结，达到遭遇6级左右地震不倒塌的基本要求。

讨论：结合案例分析农居地震安全工程要实现哪些性能。

思维碰撞

滨江高级中学图书馆改造工程需要考虑哪些性能需求？请结合学校师生的反馈意见谈谈你的看法。

生命周期

产品生命周期，是指产品从投入市场到更新换代和退出市场所经历的全过程，是产品或商品在市场运行中的经济寿命，也即在市场流通过程中，由于消费者的需求变化以及影响市场的其他因素所造成的商品由盛转衰的周期。

工程的生命周期，是指从规划设计到施工，再到运营维护，直至拆除废弃为止的全过程。

案例分析

古代都江堰水利工程的全生命周期管理

为了工程项目实施的科学性，战国时期的水利专家李冰深入调查研究并请教有治水经验的农民，对岷江沿岸地形和水情作了详细的勘察，找出水患的缘由：大量泥沙在河床里淤积，同时玉垒山耸立在岷江东岸，阻挡了江水东流，造成当地西涝东旱的格局。

找到水患的缘由后，李冰决定先凿开玉垒山，把江水分流成两股。这既可分洪减灾，又可引水灌溉，变水害为水利。经过当地人民艰苦的劳动，终于凿开宽约20多米的山口进行洪水分流。



图2-9 李冰父子雕塑

为了保证都江堰能够长期发挥作用，工程设计者们还同当地劳动人民群众一起发明创造了简便易行的岁修办法，即用“杓槎”截断水流，淘出河底淤积的泥沙。每年霜降时节，岷江水量最小，人们采用“杓槎”在外江截断水流，使江水大部分流入内江，淘出外江泥沙；到立春时节，再把“杓槎”从外江移到内江，使江水流入外江，并淘出内江泥沙。岁修工程形成清明时节内、外江全部开堰的“放水节”。

都江堰水利工程项目所取得的巨大成功和千年经久不衰的生命力告诉我们，必须赋予工程广义的新的生命理念，使工程的决策者、实施者、管理者和使用维护者在工程的各个阶段就像爱护生命一样呵护工程，才能使得工程发挥应有的效力，使人们安居乐业，社会持续发展。

讨论：都江堰水利工程是如何实施工程的全生命周期管理的？



马上行动

滨江高级中学图书馆改造工程应该如何考虑全生命周期的设计？请分组讨论，并将小组讨论结果进行分享。

质量控制

工程质量控制是指为保证和提高工程质量，运用一整套质量管理体系、手段和方法所进行的系统管理活动。在满足投资和进度要求的前提下，实现工程预定的质量目标。



案例分析

水泥预制板质量检查

某工程项目在施工阶段的监理中，监理工程师对承包商在施工现场制作的水泥预制板进行质量检查，抽查了500块，发现其中存在如下表所示的问题。

序号	存在的问题	数量
1	蜂窝麻面	23
2	局部露筋	10
3	强度不足	4
4	横向裂缝	2
5	纵向裂缝	1
不合格水泥预制板数量合计：40		

思考：

1. 水泥预制板的质量问题是采用何种统计方法分析出来的？
2. 产品的主要质量问题是什么？



马上行动

请用连线的方法完成滨江高级中学图书馆改造工程建设过程中相对应的工程质量控制种类。

水泥、黄沙、木料、电线等

设备采购控制

书桌、书架、电灯、空调、风扇等

材料控制

整体工程施工过程

工程施工周期控制

环境关系

环境关系也是工程设计过程中要考虑的重要因素之一。环境因素主要有自然环境因素和社会环境因素。自然环境因素有工程地质、水文、气象、噪声、通风、振动、照明、污染等。社会环境因素有文化、政治、法律法规等。



案例分析

青藏铁路线工程

“青藏高原湿地”是世界平均海拔最高的湿地，对全球生态有着重要而独特的生态价值。为保护高原湿地，青藏铁路尽量绕避湿地，必须经过湿地时，一般采取“以桥代路”、多设涵洞、路基基底抛填片石等措施，避免路基下面的地下径流被切割，防止湿地萎缩，这类“环保”桥梁在青藏铁路中长达几十千米。

2003年，中铁十三局在建设那曲古露车站时，投资110多万元，移植建设了8万多平方米的人造湿地。建设者先在原湿地旁边的植被稀疏处挖出与湿地等深的洼地，引入湿地原有水源，再将牧草连根挖出，植入人工湿地内。如今，这里青草茂盛，上面不时有黑颈鹤、黄鸭等野生动物飞翔觅食。人工湿地已与自然湿地浑然一体，外人几乎辨别不出来。这是世界上首次在高寒地带人造湿地获得成功。这些保护湿地的措施，虽然使工程投资大幅度增加，施工难度加大，但这一实践对高原生态保护与恢复有十分深远的意义。

讨论：

1. 为什么青藏铁路工程在施工建设前，要对铁路沿线周边环境加以保护？
2. 青藏铁路工程在施工建设时，除了考虑铁路沿线的生态环境外，还要考虑哪些环境因素？

工效学

工效学也称人机工程学，是指综合运用生理学、心理学、卫生学、人体测量等，研究工程系统中人、机器和环境之间相互作用的一门科学。工效学通过对作业中人体机能、能量消耗、疲劳程度、环境与效率的关系等的研究，科学地进行作业环境、设施与工具的设计，确定合理的操作方法，从而提高工作效率、提升生活品质，是工程设计应考虑的重要因素。



案例分析

奇特的鼠标

经常用鼠标的人有时会觉得手掌发麻，这是因为手腕上的神经受压迫，严重的话还可能患上腕管综合征。为此，设计师设计了一款磁悬浮无线鼠标。这款名为蝙蝠的磁悬浮无线鼠标由一个鼠标垫底座和一个带有磁环的悬浮鼠标组成。由于采用磁悬浮技术，鼠标可以非常灵活地朝各个方向转动，并且手掌也处于悬空状态，不会挤压腕部神经。



图2-10 磁悬浮无线鼠标

讨论：人们长时间使用磁悬浮鼠标，手腕为什么不感觉疲劳？

造物能力

在工程设计中必须充分考虑工程对象与造物能力的匹配关系。造物通常有制造和建造两种方式。

制造是用多种材料，经过复杂的加工过程做成一种新的产品或装置的过程，如制造电视机、自行车等；建造是指建设一个建筑，如房屋、桥梁、大坝等。在具体的工程建设过程中，往往伴随着大量建造、制造和加工过程。



案例分析

大飞机：中国制造的“超级高度”

上百万个精细零部件，几乎覆盖所有工业门类的高端制造——中国大飞机代表着中国制造的“超级高度”。大飞机是航空制造的“高端产品”，因其技术集成要求高、生产工艺十分复杂等因素，历来是检验一个国家制造业综合实力和水平的“试金石”。

一架大型商用飞机集成约 300 万 ~ 500 万个零配件。从上游看，其研制能带动新材料、现代制造、先进动力、电子信息、自动控制、计算机等领域关键技术的群体突破，可拉动众多高新技术产业发展，技术扩散率高达 60%。从下游看，大飞机的商业运营，对民航运输、航空金融、旅游、物流等产业有着极大的影响。

大飞机对我国调整经济结构、实现转型升级、提高自主创新能力、转变经济发展方式具有重要意义，将带动航空产业链向“微笑曲线”两端迈进，也将推动我国高端制造业的整体发展。

思考：20世纪80年代，我国为什么不能生产制造大型飞机？

学习反思

在工程设计过程中，除了课文中列举的工程设计基本要素外，还要考虑哪些要素？

练习

1. 查阅相关资料，分析总结你感兴趣的具体工程项目的实施都经历了哪些主要设计过程。
2. 请观察学校自行车车棚，分析其在工程设计中需要考虑哪些基本要素。
3. 如下图所示为某中学餐厅效果图，该餐厅分两层，一层为学生就餐区，二层为学校教职工就餐区。请根据学校生活经历及自身需求，分析其工程在具体施工过程中，需要进行哪些方面的质量控制？



第3题

4. 港珠澳大桥连接澳门、香港、珠海三地，东西走向，桥梁长约22.9 km。其中伶仃洋是一个喇叭形河口湾，是珠江主要出海口和最大河口湾。湾顶虎门口附近宽约4 km，澳门至香港大濠岛之间的湾口宽约30 km，纵向至湾口的桂山岛长达72 km，水域面积2 110 km²。伶仃洋湾顶由沙角和大角山对峙形成峡口，湾口面对万山群岛的天然屏障。由于大桥处于外海，气象水文条件非常复杂，并且穿越中华白海豚核心保护区，因此对于环境保护的要求非常高。请结合图片查阅相关资料，分析港珠澳大桥在施工建设过程中还考虑了哪些环境因素。



第4题



二、工程设计的分析方法与面向X的设计（DFX）



学习目标

- 任务一 认识工程设计的分析方法
- 任务二 探究面向X的设计（DFX）

1. 通过案例分析，运用标杆分析法、反求工程法、质量功能配置工具将用户需求转换为关键的工程特性。
2. 通过案例分析，知道面向X设计的内涵，学会面向X设计的方法应用。



走进情境

为了更好地完成滨江高级中学图书馆改造工程，天地人工程建设公司工程设计部门运用不同的方法对学校两间图书馆进行设计，给出了不同的设计方案。那么他们都运用了哪些分析方法呢？



任务一 认识工程设计的分析方法

工程设计分析是保障工程项目顺利实施过程中的重要环节，关系着工程实施的安全性、合理性及投资利益最大化的实现。在长期的工程设计实践中，人们总结出一系列工程设计分析方法。

■ 标杆分析法

标杆分析法就是先立一个标杆，将自身情况与其进行对照分析，进而提出改进意见与行动方法，以弥补自身的不足。

标杆分析法的分析步骤如右图所示。首先确定需要进行分析的具体项目内容，即要在哪些方面进行分析，然后收集自己的情况和标杆的情况，分析收集到的数据确定行动方案并实施。实施过程中不断进行监控与评估，如果发现没有获得满意的效果，那么就返回到以上环节进行检查，找到原因后重新开始。

确定分析内容



选择分析目标



收集分析数据



确定行动目标



效果评估及改进



案例分析

用标杆分析法评估图书馆作业绩效

图书馆虽是非营利性机构，但以最低成本获得使用者最大的满意度是图书馆的宗旨。因此，运用标杆分析法来评估图书馆作业绩效，提升使用者满意度是可行的。

图书馆标杆分析的具体操作过程。

步骤一：进行初步分析与需求评估。



步骤二：建立作业流程评估与评价指标。

步骤三：选择标杆分析伙伴。

步骤四：资料的搜集与分析。

步骤五：向管理阶层呈报标杆分析结果。

讨论：请结合案例，用标杆分析法分析滨江高级中学图书馆改造工程的设计方案有哪些优势和不足，并提出改进建议。

反求工程法

反求工程是以设计方法学为指导，以现代设计理论、方法、技术为基础，运用各种专业人员的工程设计经验、知识和创新思维，对已有的技术设计成果进行剖析、深化和再创造。总体上是根据已经存在的技术设计成果模型，反向推出其设计数据的过程。



案例分析

汽车外形设计

反求工程被广泛运用于汽车外形的设计中。其主要过程如下：

（1）在初始概念设计阶段，抽取原有车身样本，利用油泥做成1：1的实物模型，观察分析其外形特征。

（2）将车身外形概念设计阶段完成的实物模型数字化，与车身外形原有设计进行三维数据对比，分析其结构功能特性后，融入新的设计元素。

（3）根据车身外形设计图样绘制工程施工图样，进行批量生产制造。

汽车外形设计是汽车设计开发过程中的重要环节，占整车总成本的1/3左右，更新频率高，技术进步快。随着新技术的广泛应用，特别是反求工程的迅猛发展，它可以快速地提供样品的外形特征，从而能够对其外形进行修改，实现产品的快速改型，加快设计进程，使之满足多样化、个性化、系列化等方面的需求。

讨论：反求工程法对汽车外形设计有何影响？



图2-11 汽车油泥模型

反求工程是按照将反求对象引进、消化、吸收、创新的思路，以“实物、原理、功能、三维重构、再设计”为框架的一种逆向思维开发设计过程。反求工程的基本步骤如下：

分析阶段：对反求对象的功能原理、结构形状、材料性能、加工工艺等方面有全面的了解，明确其关键技术及功能，对设计特点及不足之处作出评估。

再设计阶段：对反求对象模型进行测量规划、重构、仿制、改进设计等。

产品制造阶段：根据设计图样绘制工程施工图样，进行批量生产制造。



请调查并收集市场上现有的图书馆书柜相关信息，利用反求工程法对滨江高级中学图书馆书柜进行实用功能拓展设计。

相对于传统的正向设计方式，反求工程适用于没有产品图纸只有产品或实物模型的产品制造。因此，反求工程在机械、航空、航天、医疗等领域的应用日益广泛并得到越来越多的重视。

质量功能配置工具

工程设计是为了满足用户的需求，而这种需求往往只能表达出用户对工程或产品的主观期望或意愿，不能从工程意义上将需求表达清楚。例如，“我需要一架安全的梯子”，那么如何将这一期望转换为工程特性（或技术参数）呢？在工程设计中，通常用质量功能配置工具解决这样的问题。

质量功能配置工具是一种计划和团队问题解决工具，是从质量保证角度出发，通过一定的市场调查获取客户需求，并采用矩阵图解法将用户需求分解到产品开发的各个阶段和职能部门中，通过协调各部门的工作以保证最终产品的质量，使得设计和制作的产品能真正满足用户的需求。

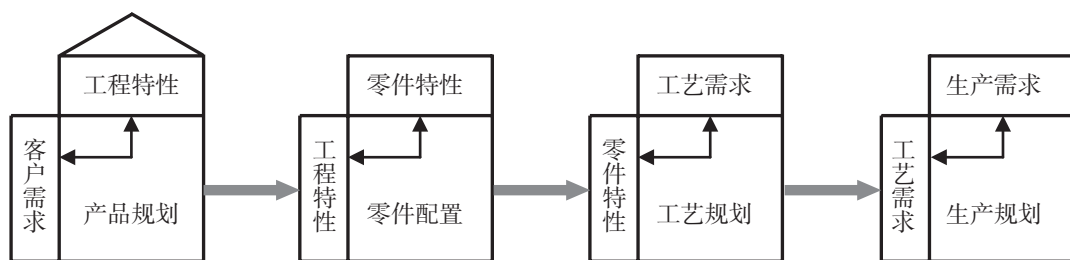


图2-12 完整的质量功能配置过程图

质量功能配置过程图描述了如何将用户需求转换为关键工程特性的主要阶段，每个阶段的输出都是下一个阶段的输入。我们把每个阶段的图示叫作“屋”，其中产品规划屋又叫作“质量屋”，质量屋建立了客户需求与产品特征和性能参数之间的关系。



请分析质量功能配置过程中质量屋的内容、目的和作用，并结合一件简单的产品设计说一说工程师是如何运用质量屋分析产品性能的。



下面以质量功能配置过程的质量屋为例，说明质量功能配置工具的使用（其他屋的使用方法相同）。

假设某产品或工程要求满足4个需求，并由此衍生出5种设计规格（工程特性），其质量屋建构如下图所示。

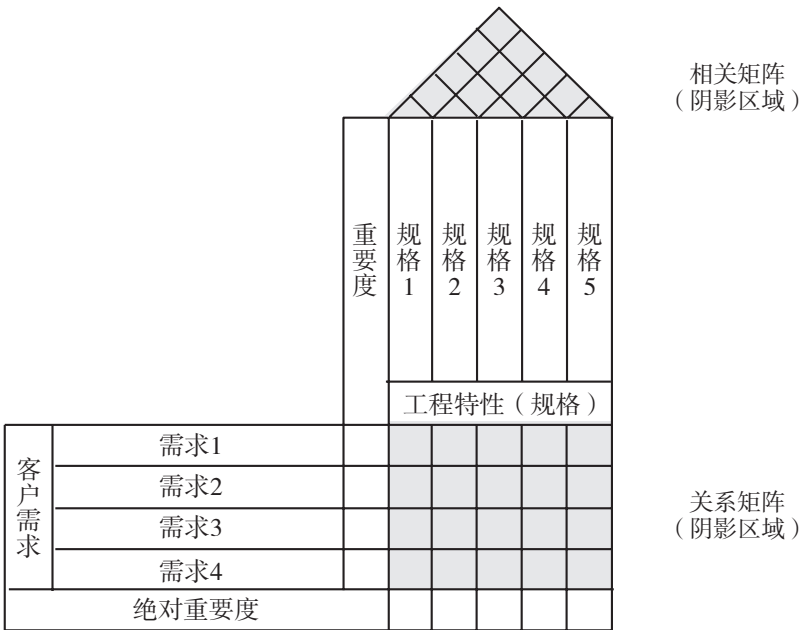


图2-13 某产品质量屋

重要度是指质量屋中需求的重要性等级，按照级别升序排序分1~9级，9表示最重要。

关系矩阵中的相关度是指每个规格与对应的需求之间的关联程度。空白表示不相关，1表示弱相关，3表示中相关，9表示密切相关。相关矩阵中的相关度指每个规格之间也存在着相关性。空白表示不相关，1表示弱相关，3表示中相关，9表示密切相关，如果规格之间存在冲突则在相应数值前加负号。

设计规格的绝对重要度等于每个规格的相关度乘以其相应要求的重要度之和。绝对重要度越大，表明其相应的规格在设计中越重要，越需要关注。

案例分析

台灯的质量屋

我们在《技术与设计1》中经历了台灯的设计与制作过程。那么如何将客户对台灯的需求转换为工程特性呢？客户提出了对台灯的基本需求是安全、实用、经济、美观，通过质量屋可以将这些需求转换为具体的工程特性或技术参数：稳固耐用、亮度 $\geq 300\text{ lx}$ ，绝缘度 $\geq 1\text{ M}\Omega$ 、有适当辅助功能、具有一定装饰效果、成本在30元以内，其质量屋构建如图2-14所示（图中数据是根据项目工程特征和需求，经分析判断确定，通常情况下安全的重要

性等级最高)。从质量屋中可以看出，“稳固耐用”这一工程特性最为重要，是工程设计中需要重点关注的。

思考：请结合以上案例，思考质量屋中的客户需求和工程特性还可以进行哪些优化，并画出相应的质量屋构成图。

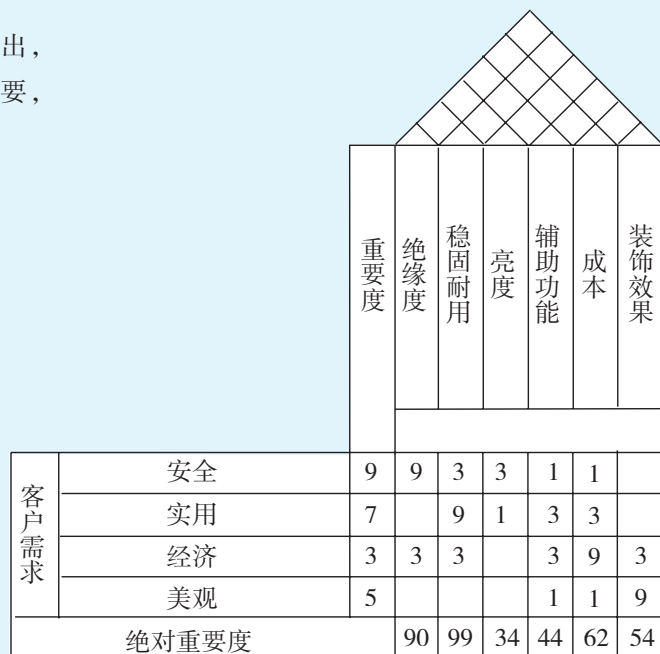


图2-14 台灯的质量屋



拓展阅读

质量功能配置工具的广泛应用

质量功能配置是日本在20世纪70年代早期发展建立起来的，首次大规模应用于三菱重工神户造船厂。这种方法很快就被日本汽车产业所采用。到20世纪80年代中期，质量功能配置在美国的汽车、国防和电子工业中普遍被采用。一份针对150个美国企业的调查显示，有71%的公司自1990年以来就使用质量功能配置工具。其中，有83%的公司认为使用质量功能配置工具提升了其产品的客户满意度，有76%的公司认为，质量功能配置工具有助于作出合理的设计决策。大多数质量功能配置的用户认为，在质量功能配置上花费时间将为后期设计节约时间，特别是能把由于没有明确定义初始设计问题所造成的设计变更减少到最小。



任务二 探究面向X的设计（DFX）

在设计中，将针对众多因素或问题的设计称作面向X的设计，即DFX，其中X多表示设计对象。以M表示制造，DFM即为面向制造的设计；A表示装配，DFA即为面向装配的设计；E表示环境，DFE即为面向环境的设计。DFX是一种理念、方法、手段和工具，体现了并行工程的思想，即在设计阶段尽早地考虑产品生命周期各阶段的各种要求。

面向X的设计可应用于产品或工程设计过程中的诸多方面，尤其是在产品或工程具体设计阶段中的 subsystem 设计与集成设计过程中，得到广泛应用。

实施面向X设计方法的主要步骤为：

1. 确定需要考虑的目标因素（X）。



2. 确定聚集点：整个产品（总体工程）、单个零件、分总成或工艺规划等。
3. 明确X因素特性和改进的技术方法：数学方法、实验方法、计算机建模方法等。
4. 利用参数化测试和改进技术尽早将设计过程中的重点放在X因素上。



并行工程

并行工程是一种系统工程方法，它作为产品开发的新模式，要求在一个制造系统中，产品和它的所有相关制造过程应同步设计，以保证产品结构和其功能需求与相关的制造性能满足匹配要求。目前，对并行工程研究的一个重要方面就是面向制造的设计（DFM）。

■ 面向制造的设计（DFM）

面向制造的设计（DFM，Design for Manufacturing）是产品设计与后继加工制造过程并行设计的技术。在设计阶段尽早考虑与制造有关的约束，全面评价和及时改进产品设计，可以得到综合目标较为优良的设计方案，并可争取产品设计和制造一次成功，进而达到降低成本、提高质量、缩短产品开发周期的目的。



航空发动机的制造

航空发动机是飞机的“心脏”，它的设计难度不仅表现在技术方案的研发层面，还表现在发动机系统中零部件的制造层面。例如，发动机的叶片，既要受到高速旋转的动力，又要受到2 000多摄氏度的高温冲击，所以必须是耐热的合金钢，这对加工工艺提出了较高要求。如果加工不精确，叶片形面重复率就很差，即每组叶片不完全相同，就会导致发动机性能下降。再如，发动机叶片根部有很多小孔，从涡轮轴里传出来的散热空气通过这些小孔流到叶片外面去，把叶片的热量带走，这种冷却方式要求加工工艺相当精密，如果没有合适的制造工艺就制造不出这些孔，从而会严重影响发动机性能。



图2-15 航空发动机

讨论：结合案例，谈谈“面向制造的设计”对工程设计有什么重要价值。



在滨江高级中学图书馆改造工程中，工程团队需要掌握哪些信息？请分组讨论说明。

■ 面向装配的设计 (DFA)

面向装配的设计 (DFA, Design for Assembly) 是在产品设计过程中利用各种技术手段,如分析、评价、规划、仿真等,充分考虑产品的装配环节以及与其相关的各种因素的影响,在满足产品性能与功能的条件下改进产品的装配结构,使设计出的产品可装配并尽可能降低装配成本和产品总成本。



案例分析

公司盈利的秘密

20世纪80年代中期,美国《工业周报》接连报道了几项引人注目的事例:福特汽车公司每辆汽车制造成本降低30%,近700美元;IBM公司设计出了一种先进打印机,装配时间从30分钟减至3分钟;还有NCR公司,在其新的2760型售货点终端的整个生产周期中,节约劳动力成本1100万美元,与过去的同类型机器相比,零件数减少80%,装配时间节省75%……福特公司的一位负责人说:“装配的设计曾是福特公司最大的秘密,在公司外绝对不允许谈起。”确实,仅一年,福特公司的汽车制造费用就削减了12亿美元,从而使福特公司超过通用汽车公司,成为底特律盈利最高的汽车制造商。

思考: 你觉得是什么使这些公司取得如此大的成绩?请结合案例进行分析。



马上行动

在滨江高级中学图书馆改造工程中,哪些产品可以优先考虑面向装配的设计?请小组讨论,并举例说明。



拓展阅读

面向装配设计的10条原则

广义上说,面向装配的设计就是在产品设计的最初阶段对产品的装配过程进行量化分析,解决存在的问题,减少装配时间。这一思想可以应用于各种装配的产品设计中,量化分析方法各不相同,总结各种不同的方法,可概括出以下10条设计准则:1. 使用最少的零件。2. 使用模块化的设计。3. 减少装配工作面。4. 使装配避免与重力方向冲突。5. 使装配外部进行。6. 尽可能减少使用固定的零件。7. 使零件易于识别。8. 优化零件的抓取。9. 装配在一起的零件应有互锁特征。10. 使零件易于配合。



图2-16 某产品的装配示意图



■ 面向环境的设计（DFE）

创建和谐社会的基础是建立节约型，具有可持续发展能力的社会，这就要求产品在其整个生命周期过程中，既要节约资源，又要合理、有效地使用资源，维护人类、自然环境与社会的和谐发展。绿色设计（Green Design）也称面向环境的设计（DFE，Design for Environment）是系统地考虑环境影响并集成到产品最初设计过程中的技术和方法。



如图2-17所示是一款能够充分利用太阳能、风能以及空气中的二氧化碳从而产生电能驱动的新能源概念汽车。车顶的大叶子是一部光电转换器，能把太阳能转化为电能。此外，叶子概念车的四个车轮带有风车扇叶，能实现风电转换。它的车身是一款特殊材料，能够进行二氧化碳吸附和转换。

请思考：这款汽车的研发重点反映了设计的什么理念？这种理念在未来工程或产品设计过程中有什么价值？



图2-17 叶子概念车

面向环境的设计核心是从整个产品系统的角度考虑在整个产品的生命周期内，从原材料的提取、制造、运输、使用到报废各个阶段对环境产生的影响。这里的环境包括了自然生态环境、社会系统和人类健康等因素。



与传统工程设计相比，面向环境的设计具有哪些特点？

如图2-18所示，产品生命周期的各个阶段都需要有物料和能源的输入，也有各类废物向环境输出。面向环境的产品设计要对产品生命周期中的各阶段对环境的影响进行分析评价，设计者依据评价结果选择合理的设计方案。

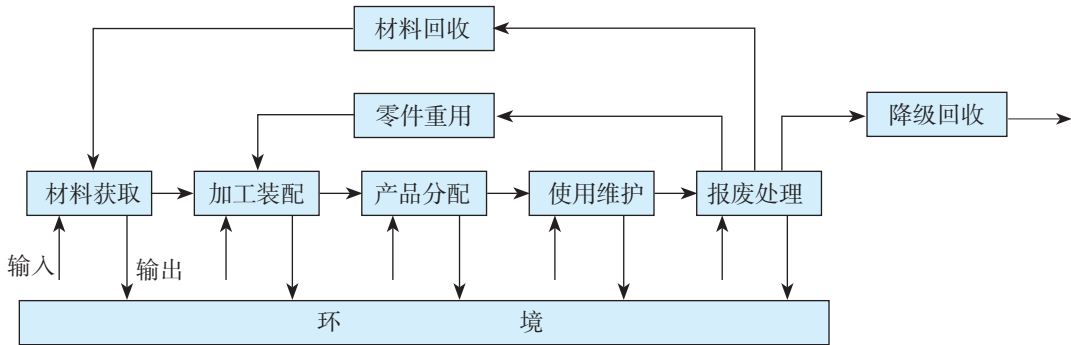


图2-18 面向环境的产品设计过程

发展生产和保护环境是一对矛盾，而这种矛盾对立只是发展中的一个特定过程。研究和发展绿色产品及面向环境设计技术的作用，就是利用技术方法解决环境问题、实现可持续发展的一个重要手段。



学习反思

在滨江高级中学图书馆改造工程中，环境方面应考虑哪些因素？

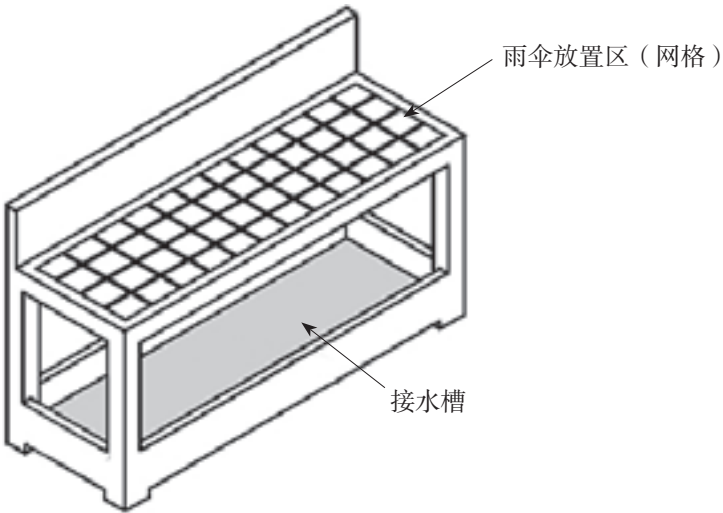


练习

1. 请举例说明生活中能突出反映利用标杆分析方法进行工程设计的案例，并做简要分析。
2. 结合面向X设计的理解，按照表格要求，选择能充分反应面向X设计的工程案例填入下表。

面向X设计类型	案例名称	简述理由
面向制造的设计		
面向装配的设计		
面向环境的设计		

3.下雨天，同学们上学时带的雨伞不好摆放，学校打算定制一款雨伞放置装置，要求实用、稳固、美观。通过招标，某公司获得了项目中标资格。如图所示为工程师设计的雨伞放置装置效果图。



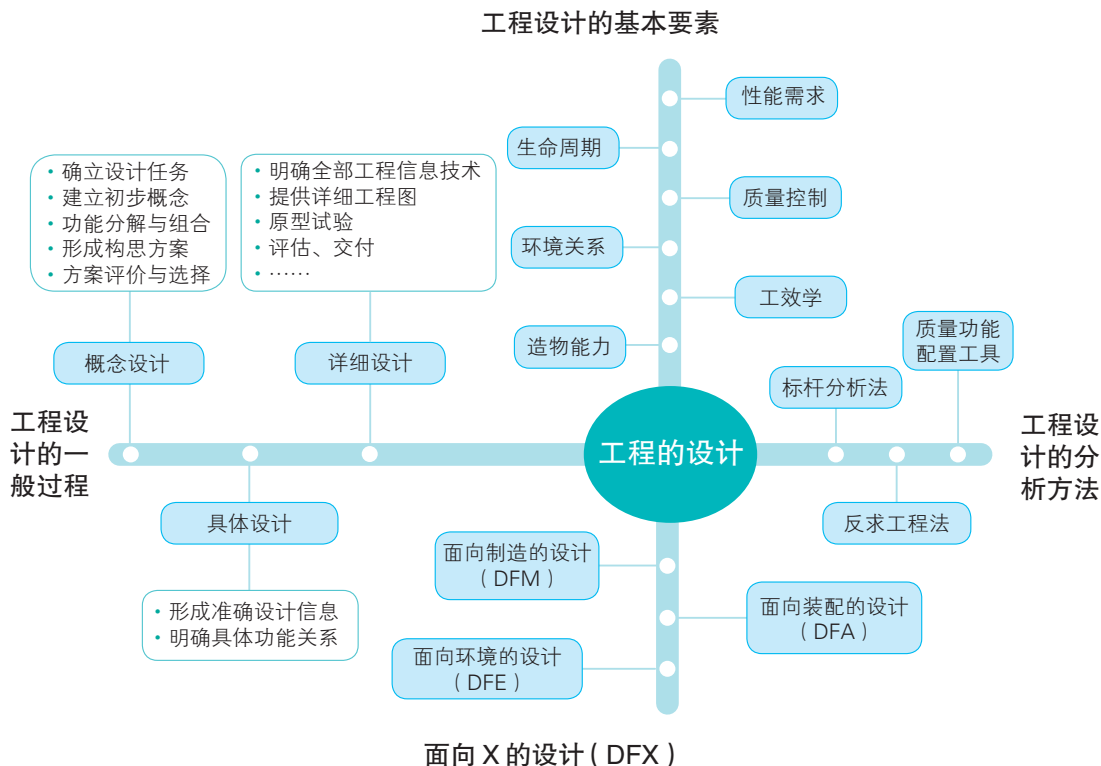
第3题

请以工程师的身份，结合效果图，利用质量屋将学校对雨伞放置装置的要求转化为具体的工程特性，并画出质量屋构成图。

4. 举出工程领域中利用反求工程法进行工程设计的案例，并简要分析。



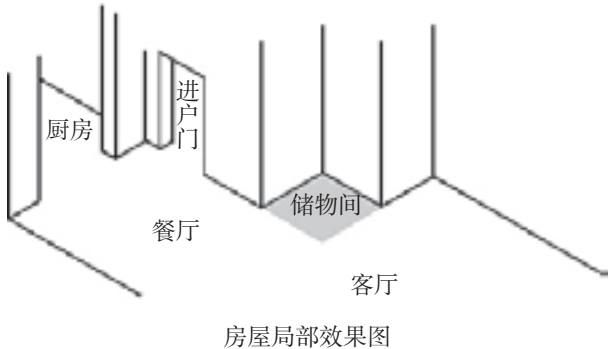
本章小结



综合实践

以下是王老师购买的房屋的局部效果图。由于新房没有储物功能，他准备利用房屋一角（阴影部分，尺寸为1 500 mm×1 400 mm）建造储物间，使其不仅能够储存杂物，而且使用方便、美观、环保。请利用所学知识和技能完成以下任务。

- 1.利用质量屋将客户需求转化为工程特性，画出质量屋构成图。
- 2.编写设计任务书。
- 3.画出初步设计图样。
- 4.制作储物间实物模型（可利用KT板或瓦楞纸板、美工刀、双面胶、直尺等工具和材料制作，或根据需要自行选择工具和材料）。



第二章

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
能通过典型的工程设计案例分析，说明工程设计的一般过程（TA、ET）			
能根据工程设计中应考虑的典型要素对简单工程设计案例进行分析（TA、ET、ID）			
能初步运用标杆分析法、反求工程法获得设计对象的工程特性（TA、ET、CM）			
能运用质量功能配置工具将用户需求转换为关键的工程特性（TA、ET、CM）			
能通过案例分析，知道面向X设计的内涵，并能对简单案例进行分析（TA、ET、ID）			
能编制简单的工程设计任务书（TA、ET、ID）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	



第三章 工程图样与建模

- 一 认识工程图样
- 二 工程的局部建模与仿真

宋代学者郑樵在其著作《通志·图谱略》中指出：“图经也，书纬也，一经一纬，相错而成文”“凡器用之属，非图无以制器”，突出了图形与文字一样重要，都是设计意图不可缺少的表达手段，强调了制图对造物的重要作用。在中国古代长期的造物历史中，设计图又分为器械图、舟车图、博古图、礼器图等多种制图形制，丰富多彩。从制图思想到制图技法，我国古代劳动者都积累了丰富的经验，为现代工程设计奠定了基础。



一、认识工程图样

- 任务一 认识常见的工程图样
- 任务二 绘制简单的工程图样



学习目标

- 1.通过案例分析，说出常见工程图样的作用，能识读简单的工程图样。
- 2.通过技术体验活动，初步掌握简单工程图样的绘制方法。



走进情境

在图书馆改造方案设计前，天地人工程建设公司从校方获取了图书馆原来的纸质施工图，了解了建筑参数。组织相关专家论证后，团队精心合作，拟定图书馆改造方案，并使用计算机辅助设计软件绘制出三维设计图，以便更有效地与学校和施工单位等进行技术沟通与交流。



任务一 认识常见的工程图样

工程图样是表达和交流技术思想的重要工具，是工程技术部门的一项重要技术文件，它按规定的方法表达出机器或建筑物的形状、大小、材料和技术要求。在现代工业中，设计、制造、安装各种机械、电机、电器、仪表以及采矿、冶金、化工等各方面的设备，都离不开工程图样。



技术体验

拼装房屋模型

体验目的：通过拼装房屋模型，体会工程图样的作用。

情境展示：为了筹备“中国传统房屋”主题班会，同学们购买了多种拼装房屋模型。一收到这些模型，有些同学就迫不及待地开始组装起来。

问题分析：房屋模型的零件细小且易损坏，要想让模型的拼装既节省时间又保证质量该从哪里入手？

活动准备：房屋拼装模型、效果图、装配图、美工刀等。

主要过程：

- 1.将学生分为三人一组，先分别将材料中的零件分离出来。



图3-1 房屋拼装模型



2. 一位学生直接进行拼装，一位学生根据装配图编号进行拼装，一位学生按照效果图进行拼装。

讨论：同样的模型，你觉得哪位学生会最先完成拼装？这说明了什么问题？

工程图样是指导生产的重要技术文件，由于工程问题的多样性和复杂性，各类工程都有各自特有的图样表达方式。如加工机械零件，需要根据零件图和机械加工工艺规程进行加工；装配机械部件或整机，需要装配图及装配工艺规程作为指导依据；小区房屋建设，需要通过平面图呈现总体规划。

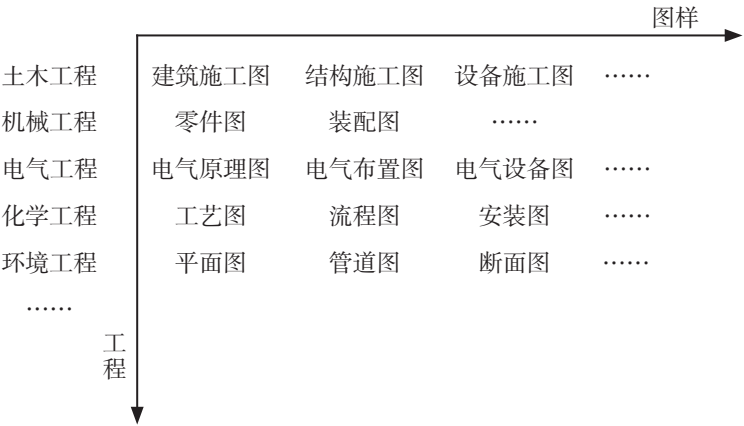


图3-2 工程及其图样

机械工程图

机械图样是机械工程界的通用语言，是设计、制造、检验、装配、使用、维修等一系列活动的重要技术文件，是工程技术人员交流的工具。机械工程的机械图一般有零件图、装配图等。

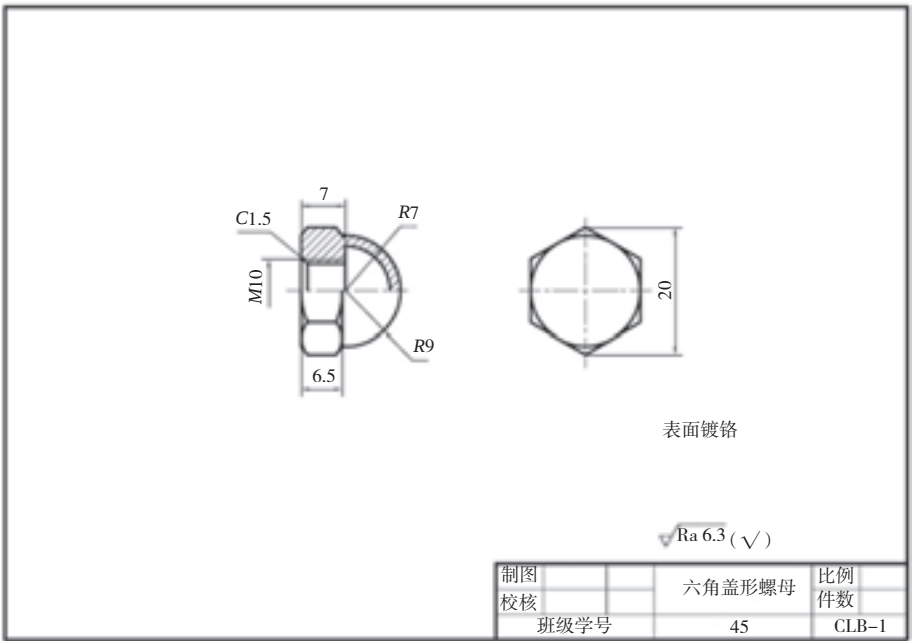


图3-3 六角盖形螺母零件图

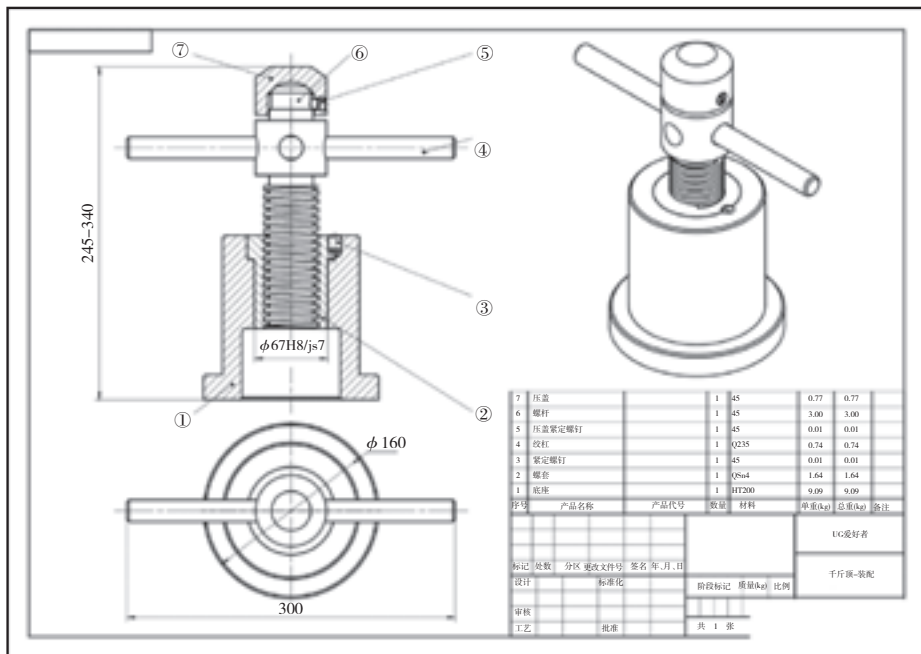


图3-4 千斤顶的装配图

尺寸在机械制图中非常重要，机械图样的尺寸标注是按照正确、完整、清晰、合理的要求，由浅入深、循序渐进的。机械制图中的尺寸标注必须符合国家标准和相关规定。与此同时，随着科学技术的发展，还要不断吸收和接纳先进制图软件和工具中有关尺寸标注方面的优势。

■ 电气工程图

电气工程是指某一工程的供电、用电工程。电气工程图表达电气工程的构成和功能，描述电气设备的工作原理，提供安装、调试、维护的依据。电气工程的图样一般有电气平面总图、系统图、单元电气平面图、控制原理图、接线图、电路图、布线图、安装图、电缆清册、图例及设备材料表等。

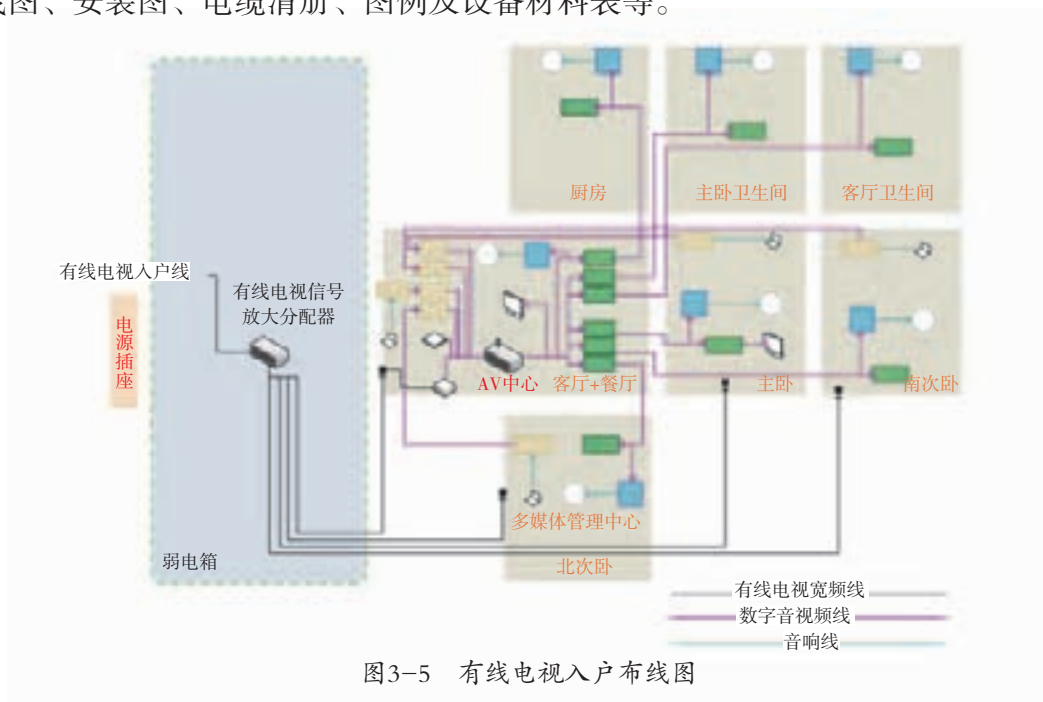


图3-5 有线电视入户布线图

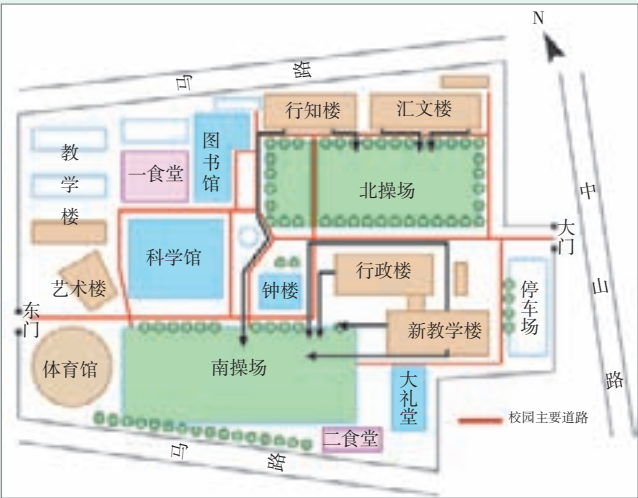
大部分电气线路图都不是按照比例绘制的，除了位置平面图。标注的尺寸均为实际尺寸。当图形对象的垂直与水平方向无法等比例绘制时，可以采用不同的比例。

■ 建筑工程图

建筑工程图是以投影原理为基础，按国家规定的制图标准，把已经建成或尚未建成的建筑工程的形状、大小等准确地表达在平面上的图样，并同时标明工程所用的材料以及生产、安装等的要求。它是工程项目建设的技术依据和重要的技术资料。建筑工程图包括方案设计图、各类施工图等。由于工程建设各个阶段的任务要求不同，各类图纸所表达的内容、深度和方式也有差别。



以下是滨江高级中学的总平面图。



- 1.请仔细观察该平面图，从中可以获得哪些具体信息？
- 2.在日常生活中，你接触过哪些工程设计图样？请相互交流并完成下表。

图样描述	观察地点	可能作用	工程类别
房间平面效果图	房地产商展厅	描述房间大小、功能	室内装修工程

房屋是提供人们生活、生产、工作、学习和娱乐的活动场所，房屋的建造过程离不开建筑工程图纸。建筑工程图纸是具有法律效力的技术文件，在招投标阶段，

它是审批和预算的依据；在生产施工阶段，它是备料和施工的依据；在竣工和使用阶段，它是验收和维护的依据。

建筑工程图纸一般可以分成建筑施工图、结构施工图和设备施工图三类。

建筑施工图主要表示建筑物的内部平面布置情况、外部形状以及构造、装修做法以及所用材料和施工要求等内容。其基本图纸包括总平面图、平面图、立面图、剖面图和构造详图。



图3-6 储物间的立面图



图3-7 储物间的剖面图

结构施工图主要表示承重构件的布置、类型、规格以及构造做法、所用材料、配筋形式和施工要求等内容。其基本图纸包括结构设计说明、基础图、结构平面布置图和各构件的结构详图等。

设备施工图主要表示室内给水排水、采暖通风、电气照明和信息传送等设备的布置、安装要求和线路敷设等内容。



任务二 绘制简单的工程图样

标准是为在一定范围内的活动取得最佳的秩序而制定的大家共同遵守的守则或特征，它是现代化大生产的产物，代表了一定的技术水平，是以科学、技术、经验的综合成果为依据制定的。工程图样作为工程界的技术语言，要达成彼此交流设计思想的目的，只有通过制定大家共同遵守的标准才能在一定范围内让所有人都能够理解工程图样所传递的信息。

有关工程图样绘制的标准很多，每种标准都有标准编号和名称，例如GB/T 13361-2012《技术制图 通用术语》，标准代号“GB”表示“国家标准”，是“国标”两字的汉语拼音首字母，“T”表示“推荐性标准”，无“T”时表示“强制性标准”。强制性标准用在有关国家安全或保障健康和人身、财产安全等方面。

“13361”是标准批准顺序号，是按标准的先后顺序编排的。本任务参照该标准以建筑图样为例，介绍手绘图和计算机辅助绘图的基本方法。



■ 手绘图

手绘图是快速展示创意和设计思路的重要方式，在设计创新、产品开发流程中起着不可替代的作用，如记录创意构思、拓展思维、方案沟通与创意共享。手绘图的一大特征是直观性，能把脑海中无形的思维转化为直观的图形，化抽象为具象。手绘图的表达一般分为徒手绘图和尺规绘图。

徒手绘图是一种非常灵活的图样表现形式，可以随时随地进行，对于设计者独立思维、创新精神的培养都起着非常重要的作用。同时由于其不受绘图工具的约束，在工程实践中也被广泛使用，成为工程技术人员的必备技能。



图3-8 室内设计的手绘图



案例分析

绘制一幅自己家的室内平面布置图

准备：

A4纸、铅笔、卷尺。

过程：

1. 收集自己家的环境数据。

- (1) 测量室内的长度和宽度。
- (2) 测量墙体的厚度、柱子的尺寸并确定柱子的位置。
- (3) 测量门、窗的宽度，确定它们的位置。
- (4) 测量室内物品的相关数据，确定它们的位置。

2. 选定比例尺，估算出所画图样的大小，确定其在绘图纸上的摆放位置。

- (1) 画出室内的墙体边框线。
- (2) 根据墙的厚度、柱的断面尺寸，画出墙、柱轮廓线。
- (3) 按门、窗所在位置和尺寸，画出门的开启方向及窗的位置。
- (4) 画出内部的细节，如餐桌椅、床、沙发、灶具、家电等。
- (5) 对图样进行检查。

讨论：分析自己家室内平面图，讨论其中是否表达了所有必要的信息。如果没有，可能还有哪些信息需要标注？



图3-9 室内平面布置图示例



拓展阅读

建筑施工图常用的图纸和符号

要绘制建筑施工图，就要了解和建筑有关的国家标准，如 GB/T 50104-2010《建筑制图标准》，它是建筑专业、室内设计专业的制图规则，能保证制图质量，提高制图效率，做到图面清晰、简明，符合设计、施工、存档的要求，适应工程建设的需要。它规定了建筑图的图示特点和表达方法。

再如，建筑施工图纸的大小及格式都要符合一定的要求，在标准 GB/T 14689-2008《技术制图 图纸幅面和格式》中对此做了规定。

图纸幅面是指图纸宽度与长度组成的图面。绘制图样时，应采用规定的图纸基本幅面尺寸，尺寸单位为mm。图纸的基本幅面以及边框尺寸如下表。

幅面代号	幅面尺寸B×L (mm)	边框尺寸			
		a	b	c	
A0	841×1189	25	10	20	
A1	594×841			10	
A2	420×594		5		10
A3	297×420				
A4	210×297				

尺规作图是在徒手画图的基础上借助直尺、圆规等进行规范制图的一种方式，其基本画法与徒手绘图有相似之处，但要求严格且要符合一定的标准。

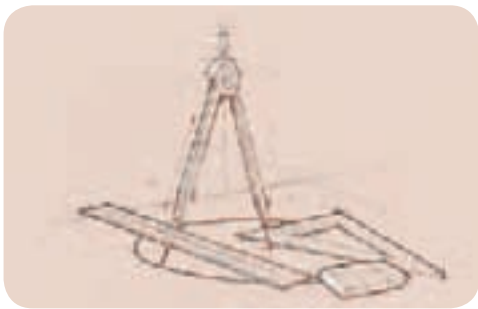


图3-10 尺规作图的工具

计算机辅助绘图

随着计算机技术的不断发展，计算机辅助设计软件已成为工程技术人员的主要绘图工具。与手工绘图相比，它具有速度快和精度高的特点，特别是在绘制复杂工程图时，更能显示其优势。

案例分析

技术与设计实践室储物间平面图

假想用一水平剖切平面沿房屋的门窗洞口将房屋剖切开，移去剖切平面以上的部分，向水平投影面作正投影，就可以得到水平剖面图。

下图是利用计算机辅助设计软件绘制的技术与设计实践室储物间平面图。

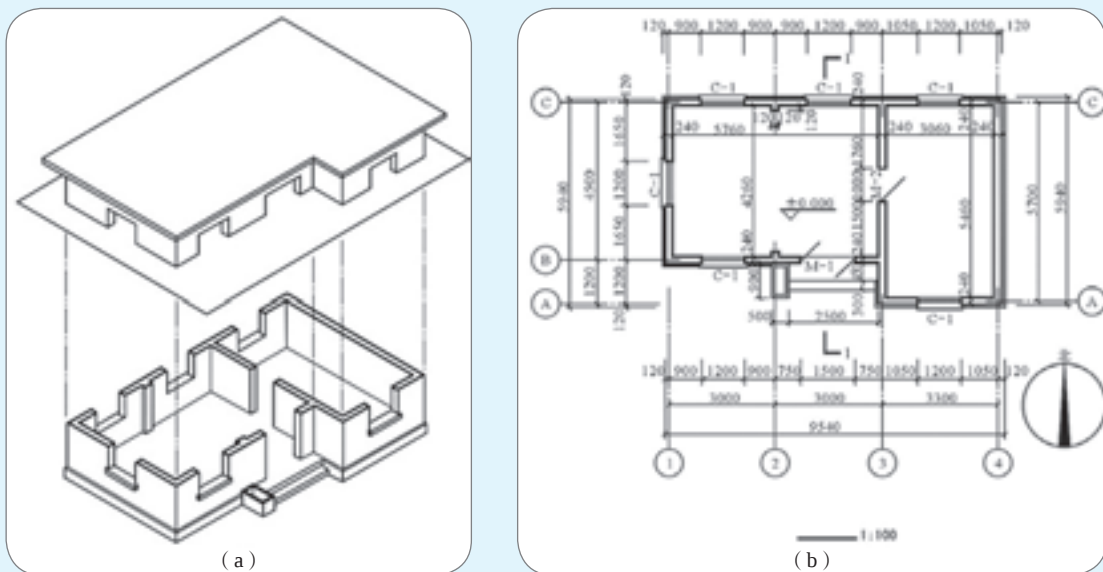


图3-11 利用计算机辅助设计软件绘制的技术与设计实践室储物间平面图

思考：

1. 要绘制一张合格的平面图，需要知道哪些信息？
2. 设计师绘制的平面图在房屋的工程施工中有哪些用途？
3. 该平面图中的尺寸标注与《技术与设计1》中学过的尺寸标注有何不同？其原因可能是什么？

马上行动

利用计算机辅助设计软件绘制图书馆储物间的平面图。

步骤：

1. 分析图形对象的组成。
2. 设置必要的绘图环境，选择恰当的绘图比例。
3. 先画参照图形对象，再画细部结构。
4. 最后进行全图检查。

注意：

1. 在绘图过程中要经常保存文件。
2. 不同的对象应建立不同的图层，这样便于后续过程的处理。

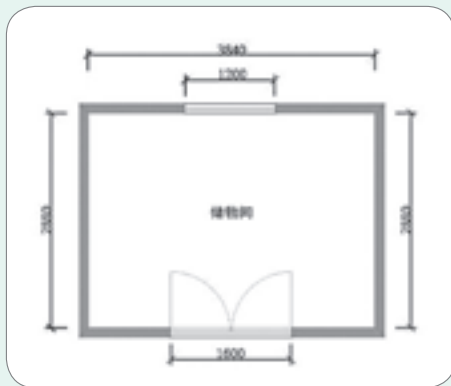


图3-12 图书馆储物间的平面图

讨论：

1. 利用计算机辅助设计软件绘制平面图，你觉得最困难的是哪个步骤？这种困难与工程图样的特点有联系吗？
2. 计算机辅助设计软件中数与图的转换可能存在于哪些步骤中？
3. 使用计算机辅助设计软件绘制图书馆储物间的平面图与手工绘图有何不同？

计算机辅助绘图技术推动了工程设计方法和工程绘图工具的发展，改变了工程师的思维方式和程序。计算机辅助绘图技术是绘制工程图样的重要手段，也是计算机辅助制造的重要组成部分。



学习反思

工程图样有哪些共同因素？使用计算机辅助设计软件绘制工程图样要注意哪些问题？建筑的平面图、立面图、剖面图在建筑施工中起什么作用？可能还需要哪些图纸？



1. 请查找自己学校图书馆阅览室的平面图，并观察图中的尺寸数据，说明其表达了哪些含义。
2. 请测量教室的具体尺寸，在绘图纸上画出教室的平面图。

二、工程的局部建模与仿真



1. 通过案例分析，说明工程设计中建模的作用。
2. 通过技术体验，学会利用实物制作简易工程模型。
3. 利用计算机辅助设计软件体验工程的局部建模及仿真，知道常见仿真类型及其意义。



为了在招标会上更直观地展示滨江高级中学图书馆的改造效果，生动地体现人性化、智能化与生态化的现代图书馆设计理念，天地人工程建设公司的工程建造团队制作了改造后的图书馆实物模型。建筑工程难以通过建造一个原型测试其性能，通过计算机软件进行局部建模仿真不失为一个好办法。

任务一 探究模型在工程中的作用

在工程应用中，模型可以分为描述性模型和预测性模型。描述性模型帮助我们理解现实世界的系统或现象，预测性模型帮助我们了解并预测系统或现象。

从工程的意义上来说，模型是将概念付诸实践的过程。一方面，它可以用来分析工程中不合理的地方以便改进，另一方面，它也可以用来分析工程的可行性，以便取得更好的实施方案。



黄河调水调沙工程中的“模型黄河”

黄河调水调沙模型是迄今为止世界水利史上最大规模的调水调沙原型人工试验。从2002年开始，黄河开始实施调水调沙，依靠黄河小浪底水库等大型水库的人工调节，制造出冲刷下游河床泥沙的人造“洪峰”，输沙入海。黄河调水调沙期间，实施“原型黄河”“数字黄河”和“模型黄河”三条“黄河”联动模式。“原型黄河”就是自然界中真实的黄河；“数字黄河”是借助现代信息技术构建的数字化虚拟平台，即“装在计算机里的黄河”；“模型黄河”则是以相似性原理为依据，按照一定比例缩小的黄河模型，也就是“实验室里的黄河”。

三条“黄河”取得的实验数据进行综合分析，互为验证补充，通过人工手段，塑造一种

人工的理想的水沙关系，从而掌握实现水沙平衡的内在规律，找出黄河下游不淤积的临界流量和临界时间，解决这条世界闻名的“悬河”的泥沙淤积问题。



图3-13 模型黄河断面场景



图3-14 工作人员在模型黄河小浪底库区断面进行含沙垂直测量

思考：

1. 三条“黄河”中，哪些属于模型？请说明理由。
2. 模型在黄河调水调沙工程中起到什么作用？要发挥好这种作用，在搭建模型时应当处理好哪些方面的关系？

建筑模型是指使用易于加工的材料依照建筑设计图样或设计构想，按缩小的比例制成的模型样品，用以表现建筑物或建筑群的面貌和空间关系。建筑模型可以直观地体现设计意图，弥补图纸在表现上的局限性。被广泛应用于城市建设、房地产开发、商品房销售、设计投标与招商合作等方面。

建筑模型通常按照一定的设计图纸制作，可以分为三个阶段：初步模型、标准模型和展示模型。无论哪种模型都是平面和立面的转化，即把在图纸上设计出的平面图、立面图垂直发展成为三维空间形体，形象地表达建筑。



图3-15 上海中心大厦模型

■ 初步模型

初步模型用于构思阶段，按照设计图纸来制作，而设计图纸需要根据设计任务的要求（如面积、功能、高度、形式和风格等）解决建筑物的问题。初步模型包括单体体块模型、空间构成模型、规划初步模型三种。



图3-16 单体体块模型



图3-17 空间构成模型



图3-18 规划初步模型



制作图书馆的初步模型

体验目的：通过制作初步模型，体会建模在工程中的作用。

情境展示：要确定图书馆照明灯布置的位置，除了平面布置图纸外，还需要搭建初步模型，方便观察图书馆内部空间构成关系。

问题分析：制作的图书馆初步模型要满足制作需求，给出有参考价值的空间布局关系。

活动准备：

材料：泡沫、纸张、软木、有机玻璃、各种黏合剂、装饰纸等。

工具：裁纸刀、雕刻刀、直尺、三角板等。

主要过程：

1. 选用合适的比例尺将工程图样缩小（放大）在模型底板上，根据投影关系，运用平面拉伸处理建筑立面的空间层次关系。
2. 墙体要求垂直于底板，保持整体干净整洁，要控制接口的黏合剂用量，不要让多余的黏合剂污染了模型的外观。
3. 制作图书馆内的家具模型，将其放置在模型中。
4. 根据图样对模型进行检查。

讨论：

1. 在模型制作过程中，应怎样设计操作流程？有哪些环节？
2. 制作的模型是否能表现图书馆空间构造？能否进一步优化？为什么？

■ 标准模型

标准模型较前述模型对建筑物有更细致的刻画，对设计者的思想有更进一步的表达，故称它为标准模型。若方案定稿极少修改，一般会把它作为最终的展示模型。在制作过程中最重要的是准确性的把握，对某些复杂的结构构件或细部装饰，常常直接制作成1：1甚至更大的模型，给设计者以直观印象。



请利用三维打印机打印图书馆模型中的桌椅、书柜等物品，完成图书馆标准模型的制作。



图3-19 图书馆标准模型

■ 展示模型

展示模型可以在建筑竣工前根据施工图制作，也可以在工程完工后按实际建筑物去制作。它的要求比标准模型更严格，对于材质、装饰、形式和外貌要准确无误地表示出来，精度和深度比标准模型更进一步，主要用于教学陈列、商业性陈列（如售楼展示）等。

展示模型按制作内容分为单体展示模型、室内展示模型和规划展示模型三种。



图3-20 单体展示模型



图3-21 室内展示模型



图3-22 规划展示模型



任务二 体验工程的局部建模与仿真

计算机仿真技术是以相似原理、信息技术、系统技术及相应领域的专业技术为基础，以计算机和各种物理效应设备为工具，利用系统模型对实际的或设想的系统进行试验研究的一门综合性技术。计算机仿真技术具有经济、安全、可重复和不受气候、场地、时间限制的优势，被称为除理论推导和科学实验之外的人类认识自然、开发和利用自然的第三种手段。

要进行计算机仿真，仅靠二维图样是不够的，有时还需要计算机辅助设计中的几何建模、虚拟装配、运动仿真和有限元分析等技术提供支持。

几何建模是一种通过计算机表示、控制、分析和输出几何实体的技术，用于计算机辅助设计和计算机辅助制造等系统中，为结构分析、工艺规程生成、加工制造提供基本数据。利用几何建模技术，可以在计算机内制造出和真实参数相似的虚拟零件。

虚拟装配是利用计算机已经建立好的零件的几何模型群，在虚拟化的环境中进行装配。这种先确

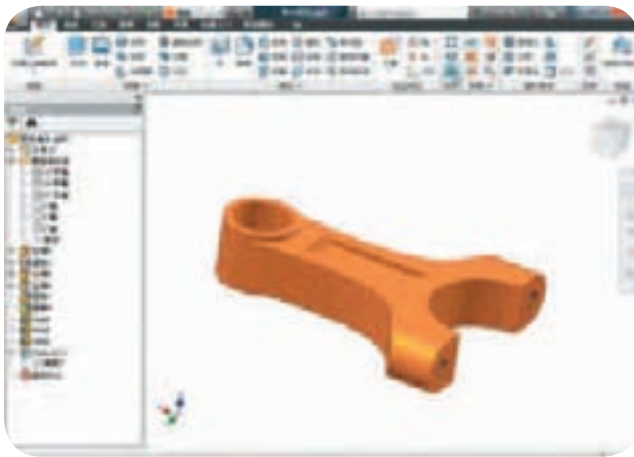


图3-23 虚拟零件



定每个零件的基本形状和它们之间的位置关系，然后通过条件约束和关联完成产品开发的装配设计，其零件之间的连接是静态的。

运动仿真是指利用计算机辅助设计软件中的仿真功能，以满足产品设计目标中的运动（动态）要求，能对所开发的产品进行测试和评估。机构运动仿真功能在仿真时模拟各构件产生的宏观的刚体运动和构件之间的位置变化，但不考虑构件各自受力（含惯性力）产生的变形。

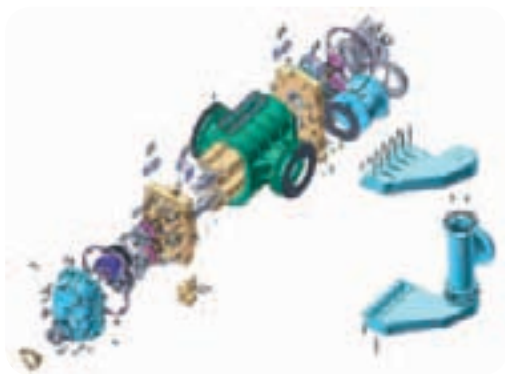


图3-24 虚拟装配



图3-25 机构运动仿真

有限元分析是一种更加贴近真实世界的仿真，它是利用数学近似的方法对真实物理系统进行模拟。利用简单而又相互作用的元素（即单元），就可以用有限数量的未知量去逼近无限未知量的真实系统。随着计算机技术的不断发展，有限元分析在工程设计和分析中得到了越来越广泛的应用。例如，从起重机悬臂的有限元分析（如图3-26）中可以看出，图中的不同颜色代表这根杆不同部位的受力情况。颜色越靠近红色代表应力越大，反之则越小。图中悬臂的右端为悬伸端，在分析图中呈现红色，说明这部分受力大。

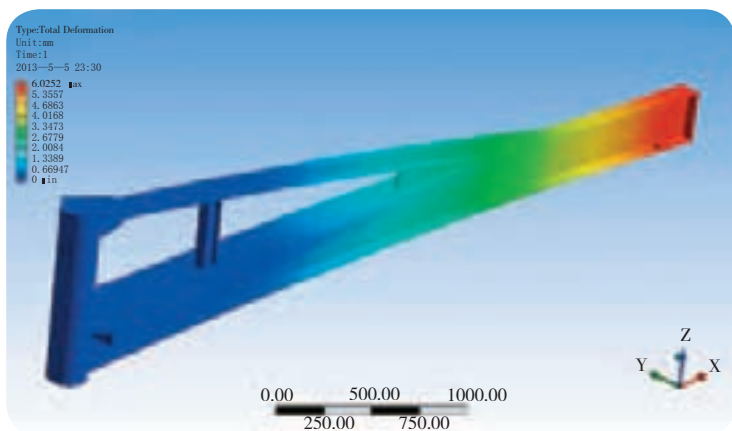


图3-26 起重机悬臂有限元分析



拓展阅读

增强现实技术

增强现实（Augmented Reality，简称AR），是一种实时地计算摄影机影像的位置及角度并加上相应图像的技术，这种技术的目标是在屏幕上把虚拟世界套在现实世界并进行互动，其正逐渐走进百姓生活，并用高度仿真模拟给人们带来全新的视觉体验。

它与医疗、教育、文化等行业的“亲密互动”，会对人们的生活和生活方式产生深远的影响，并且将给现存的服务模式和商业模式带来改变。在工业领域，增强现实眼镜可以参与远程指导、可视化装配、操作培训、数据采集、透明管理等多个生产环节。



图3-27 增强现实技术



技术体验

搭建图书馆局部数字模型并进行仿真

体验目的：经历云计算设计平台搭建图书馆局部模型的过程，利用计算机技术进行建筑局部仿真。

情境展示：如果以学生进入图书馆看到的景象为视角，通过计算机建模仿真，我们可以像用户一样参观图书馆的各个功能间，直观了解图书馆内通道的宽度、阅读位置的采光情况、图书的借阅设施设备等，提前获取目前的方案建造后的效果。

问题分析：使用云计算设计平台进行图书馆局部建模，需要考虑哪些因素？它们和以前学习的内容有关联吗？什么样的模型才能达成仿真的目标？

活动准备：联网的计算机、通用浏览器、图书馆设计方案。

主要过程：

登录云计算设计平台，打开设计页面开始进行图书馆的局部数字建模，步骤如下：

1. 利用平台提供的工具，先绘制墙体，然后放置门、窗等部件，再设定照明灯的位置，调整好尺寸，创建图书馆方案的平面图。



图3-28 创建图书馆方案的平面图



2. 进入三维搭建模式。先调整地面材质和墙面的装饰,然后按房间功能进行布置,将家电、家具、绿植、装饰等细节模型按设计要求进行放置,调整好位置。



图3-29 搭建图书馆三维模型

3. 检查无误后,选择相机镜头,渲染效果图,接着由平台生成该模型的仿真漫游图。

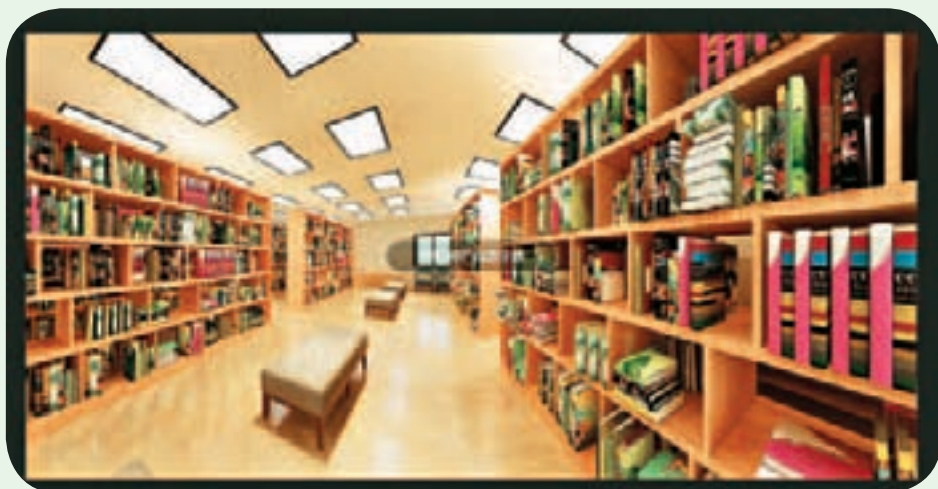


图3-30 图书馆仿真漫游图

讨论:

1. 三维建模与二维平面图相比,有哪些相同点?又有哪些不同点?
2. 设定的仿真目标与三维模型的搭建之间有何联系?请举例说明。



云计算设计平台

云计算设计平台是通过网络调用超大规模的分布式计算机资源,它支持用户在任意位置使用各种终端获取应用服务。云计算设计平台是为满足设计与工程人员需求而建立的优质设计平台。同时,它也是一个虚拟化的平台,每个用户登录后都有自己的工作空间,实际上这是系统划分给用户的。在云计算设计平台上做设计比在实体设备上速度更快,而且省资源、方便、可靠性高。



拓展阅读

面向过程设计的三维设计软件

随着科技的发展，越来越多的面向创作过程的三维设计软件面世。这些软件以直接面向设计方案创作过程的思路来开发软件工具，具有操作简单、易于上手的特点。其创作过程不仅能够充分表达设计师的思想，而且能满足与客户即时交流的需要。它使得设计师可以直接在电脑上进行十分直观的构思，相比传统的设计工具更加灵活。



图3-31 社区图书馆内部布局模型



图3-32 去除顶面的社区图书馆内部布局模型

在这些软件的建模环境中，用户不需要学习种类繁多、功能复杂的指令集，可以让用户专注于设计上。很多软件还为用户提供丰富的模型资源，在设计中可以直接调用编辑，大大方便了设计的建模工作。



学习反思

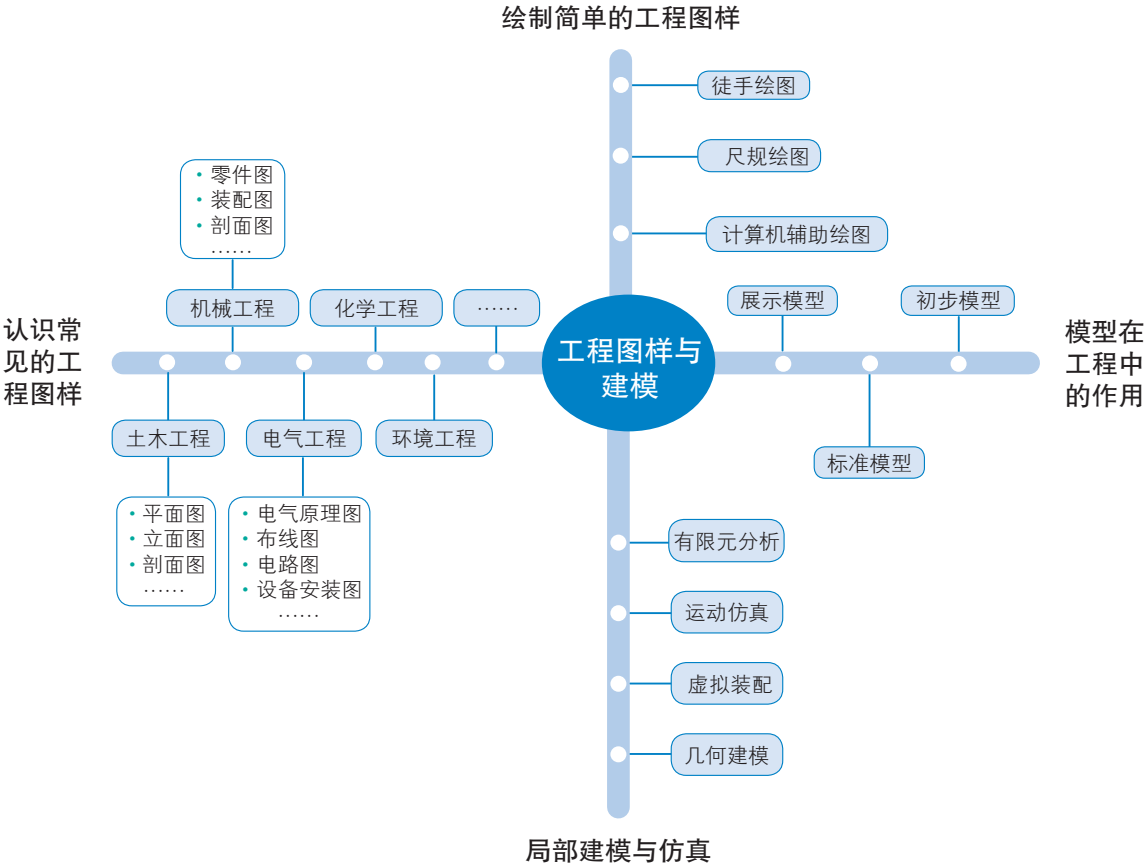
在工程设计和实施过程中，搭建不同类型的模型，进行越来越接近真实的仿真处理，这些技术的根本目的是什么？



练习

1. 利用计算机辅助设计软件绘制滨江高级中学图书馆一层平面图。
2. 对图书馆一层的空间布局进行建模并仿真。

本章小结



综合实践

1. 利用纸张等材料搭建学校技术教室的现有布局模型，在班级中进行展示。
2. 利用计算机辅助设计软件绘制学校通用技术实践室的平面布局图，然后在云计算设计平台上搭建模型，通过仿真分析现有布局的特点，提出优化方案。

第三章

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
能说明工程设计建模的重要性（TA、ET）			
能辨析工程设计模型的类型，识读并绘制简单的工程图样（ET、TD）			
能通过技术体验，利用实物制作简易工程模型（TA、ET、ID、TD、CM）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	



第四章 工程的决策与管理

- 一 工程设计中的评价与决策
- 二 探究工程项目的规划、管理与评估

工程决策是为解决当前和未来可能发生的问题，通过科学评价去选择最佳方案的一种过程。工程管理是在特定的环境下，对当前所拥有的资源进行有效的计划、组织、领导和控制，以便达成既定目标的过程。一项工程的设计与实现离不开科学决策与管理。

一、工程设计中的评价与决策

- 任务一 认识工程设计方案的评价和决策
- 任务二 探究工程设计评价与决策的方法



学习目标

- 1.通过案例分析，能说明工程设计中的评价与决策的重要性。
- 2.通过案例分析，能建立简单的决策模型。
- 3.通过实践活动，能掌握工程设计中常见的评价与决策方法。



走进情境

滨江高级中学图书馆改造工程方案评审专家组对竞标公司提供的工程设计方案进行了评选。在方案评选过程中，有的专家认为A方案虽然装修简单，但是为师生提供了借阅的新技术；有的专家认为B方案比较合理，新增的新风系统不仅使得图书馆环境怡人，还有利于书籍的保存，而且工程造价也较为合理；有的专家认为C方案比较好，图书馆外墙设计和校园环境很协调，还配备了微型图书馆，方便师生在教学楼借还书，增加了图书的流动性……专家们的意见不一，最终究竟该如何决策呢？



任务一 认识工程设计方案的评价和决策

在工程设计过程中，方案选择是经常遇到的问题，如总体方案选择、结构方案选取、实施方案确定等。方案选择的合适与否常常会对设计结果有很大影响，因此工程设计方案的评价与决策在设计中起到很重要的作用。

■ 工程设计方案的评价

评价是评价者根据一些表征评价对象各方面特性的指标或评价对象中相互联系的多个指标所构成的具有内在机构的指标体系去分析、比较备选方案的过程。通过对各种因素全面、综合的评价或分析，才能确定每种方案评分或排名，即确定方案的优劣。



案例分析

图书馆改造工程方案评价

滨江高级中学收到三家竞标公司提供的学校图书馆改造工程设计方案：

方案A 对图书馆进行简单装修，门厅为开放式，阅览区与借阅区、藏书区不分割；着



重引入数字化图书管理软件，学生可自助办理借书证，有大型显示屏可以供学生获取借阅排行和推荐书籍的相关信息，方便师生借阅。所有软件公司负责十年的免费升级与维护。公司项目预算160万元。

方案B 加强图书馆社交功能，减弱藏书功能，打破原有的空间分割，将借阅区与师生活动区域融合。增加新风系统，更好地保护图书的同时提供舒适怡人的阅读环境；陈设颜色鲜艳，结合灯光效果，让人仿佛置身于艺术殿堂。公司项目预算约180万元。



图4-1 图书馆方案 A



图4-2 图书馆方案 B

方案C 使用固定馆与多个户外微型图书馆相结合的方式，方便师生借阅。微型图书馆有专门的公司负责定期维护。剩余的空间建成师生交流学习的单独场所，这些场所有一定的私密性。公司项目预算约200万元。



图4-3 图书馆方案 C

讨论：请根据以上图书馆设计方案，提出一些评价图书馆设计方案优劣的指标。

借助数学工具进行综合评价的一般步骤是：（1）确定综合评价目的；（2）选取评价指标；（3）对评价指标进行测量，建立测量矩阵；（4）对测量矩阵进行预处理；（5）确定权重；（6）确定综合评价模型。相对于某种评价目的来说，评价指标相对重要性是不同的。权重系数是表示某一指标项在指标项系统中的重要程度，它表示在其他指标项不变的情况下，这一指标项的变化对结果的影响。因此权重系数确定得合理与否，关系到综合评价结果的可信程度。

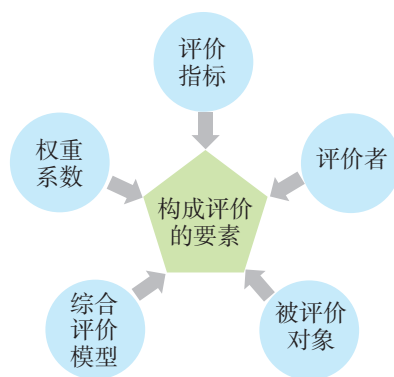
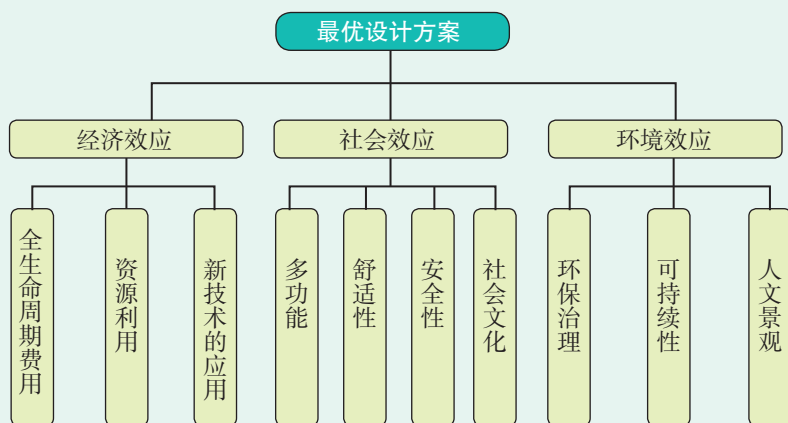


图4-4 评价的要素



下图是滨江高级中学图书馆改造设计方案评选的指标体系，假设总分值是100分，请拟定权重系数，用饼状图表示，并说明理由。



■ 工程设计方案决策

决策，指决定的策略或办法。它是一个复杂的思维操作过程，是信息搜集、加工，最后作出判断、得出结论的过程。决策不是不能修改的，它需要根据内、外部条件的变化进行反馈。



某公司拟将一长期亏损的副食品冷库基地改造成一个副食品批发市场，为此该公司进行了一系列前期准备，包括项目审批、征地拆迁、建筑规划设计等。不曾想，外地一开发商在离此地不远的地方率先投资建成了一个综合市场，其中就有一个大规模的副食品批发场区，足以满足附近居民和零售商的需求。

1. 如果继续进行副食品批发市场建设会有什么后果？
2. 如果就此停建又会有什么后果？



工程项目决策是指决策者在决策环境中按照决策目标，在调查、分析、研究的基础上，运用科学方法来综合分析评价决策备选方案，以确定工程项目是否必要、可行的过程。由于工程设计过程中决策因素纵横交错，任何决策者仅凭直观和经验，都难以作出最优的决策。因此，在现代化的科学决策中，常常借助自然科学的方法，运用数学的工具，建立各决策变量之间的关系公式与模型，用以反映决策问题的实质，把复杂的决策问题简化。决策模型的六个基本要素如下表所示。

基本要素	相关阐述
备选行为过程	例如，在设计汽车挡泥板时，设计者可能会考虑选择钢材、铝材或者玻璃钢
自然状态	它是决策模型的环境，通常这些条件是不受设计者控制的。如果挡泥板材料要抗盐蚀，那么这种自然状态可以被表达为“不含盐”“低盐度”“高盐度”等
输出	一个自然状态与一个行为结合的结果
目标	设计者想要达到目的的陈述
效用	设计者对每一个输出的满意度
知识状态	能够与自然状态相吻合的确定程度，用概率来表示

根据决策问题的知识状态分类，决策模型可以分为四类：确定决策（结果发生的概率为1）和不确定决策（每个自然状态有确定的概率）；风险决策（每个行为产生两个及以上的结果，概率不明）和冲突决策（自然状态被竞争者采取的行为改变）。

案例分析

汽车挡泥板材料的决策

为了降低汽车挡泥板遭受路面盐的腐蚀，可以对钢材、铝材、玻璃钢进行测试，从而选择出最适合的材料。在此，为每一个结果构建一个效用表格，可能的自然状态是路面条件，所有的因素都被转化成某个统一的度量（如下表）。

挡泥板材料决策损益表

备选行为	路面条件		
	θ_1 (无盐)	θ_2 (低盐)	θ_3 (高盐)
a_1 : 钢材	1	4	10
a_2 : 铝材	3	2	4
a_3 : 玻璃钢	5	4	3

在确定条件下进行决策，只需要看表中的数值就可以作出正确的选择：没有盐时钢材是最好的材料，低盐度时铝材是最好的材料，高盐度时玻璃钢是最好的材料。

如果是不确定的路面条件，那么可以给出效用自然状态发生的概率评估：

自然状态	θ_1 (无盐)	θ_2 (低盐)	θ_3 (高盐)
发生的概率	0.1	0.5	0.4

钢材的损益值为： $0.1 \times 1 + 0.5 \times 4 + 0.4 \times 10 = 6.1$ 。

(1) 根据钢材的损益值的计算方法分别计算铝材和玻璃钢的损益值。

(2) 根据计算确定何种材料将被用来制作挡泥板。

(3) 下表是根据滨江高级中学图书馆几种备选方案中的备选行为以及学生的反应状态作出的决策损益表。假设图书馆的使用率三个条件不确定，请先给出自然状态发生的概率，并对备选行为进行适当的评估。

备选行为	使用率条件		
	θ_1 (图书馆使用率仍然较低)	θ_2 (图书馆使用率明显增加)	θ_3 (图书馆使用率大幅增加，成为新的学生活动中心)
a_1 : 图书馆空间不分割			
a_2 : 图书馆空间合理分割			
a_3 : 拓展图书馆外围运营空间			



任务二 探究工程设计评价与决策的方法

在一项工程具体实施前，通常先采取一定的方法与策略综合分析设计方案的可行性，再评价设计方案的优劣，最后作出工程相应的具体实施决策。常用的评价与决策的工具和方法有决策矩阵、决策树、层次分析法等。

决策矩阵

决策矩阵分析法也称网格分析法，它是一种多因素辅助决策工具。当工程设计决策面临多个方案，同时又有许多因素需要综合考虑时，它是一个非常有效的辅助决策工具。



案例分析

用决策矩阵为图书馆选择书架

滨江高级中学图书馆为现代中式风格，现在需要购置一些书架，管理员们挑选了四款不同的书架作为备选方案给学校决策。书架甲为实木书架，书架乙也是实木书架，但高度较低，书架丙



为铁皮书架，书架丁为木质智能书架，他们该如何作出正确的选择呢？



图4-5 不同材质的书架

决策矩阵使用步骤：

- 1. 列出所有的选择项，然后再列出对作出决定有重要影响的因素。将这两组信息放在一张表上：把所有的选择项放在行上面，把对作决定有重要影响的因素放在列上面。
- 2. 根据各种选择因素的相对重要性，把相对重要性用数字表示出来。这个数字被称为权重，数字越大或者说权重越大，则代表决策者认为这个因素是首先需要考虑的因素。
- 3. 假如你是决策者，请根据评估结果为该书架影响决策者决定的各种因素从0到3进行打分（0到3分别表示：不好、一般、好、非常好），并填入下表中。如果觉得任何一个选择都不好，决策者可以都打零分。

因素	成本	材质	存储量	高度	方便管理	总分
权重	4	3	3	1	4	
书架甲						
书架乙						
书架丙						
书架丁						

4. 把每项选择的分数和权重相乘，得出每个选择相对于每个因素的重要性；最后把这些乘过权重得出的分数相加，最大的分数就是决策者的选择。

思考：

- 1. 四款书架的各自总分是多少？
- 2. 你最有可能选择哪款书架？说明理由。

决策树

决策树是一种在不确定条件下支持决策的图形化和数学化方法。在必须连续做出一系列决策，并且每个结果的概率是已知或者可估时，决策树结构是一种很重要的方法。由于这种决策分支画成图形很像一棵树的枝干，故称决策树。

一个决策树包含三种类型的节点：决策节点（通常用矩形框来表示）、概率分叉点（通常用圆圈来表示）、终结点（通常用三角形来表示）。决策树的通常画法如图4-6所示：

1. 先画一个方框作为出发点，又称决策节点。

2. 从出发点向右引出若干条直线，这些直线叫作方案分枝。

3. 在每个方案枝的末端画一个圆圈，这个圆圈称为概率分叉点，也叫自然状态点。

4. 从概率分叉点引出代表各自然状态的分枝，称为概率分枝。

5. 如果问题只需要一级决策，则概率分枝末端画三角形，表示终结点。

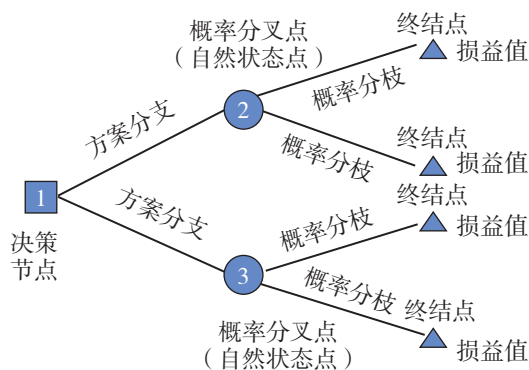


图4-6 决策树模型



案例分析

采用决策树进行方案决策示例

事件：在学校图书馆墙面翻新维修工程项目中，施工管理人员要根据天气状况决定开工方案。如果开工后天气好，可以创收30 000元；如果开工后天气差，将带来损失10 000元；如果不开工，将带来损失1 000元。已知开工后天气好的概率是0.6，开工后天气差的概率是0.4。

第一步：将题意表格化

方案	状态	
	天气好	天气差
	0.6	0.4
开工	30 000元期望收益（ $30\,000 \times 0.6$ ）	-10 000元期望收益（ $-10\,000 \times 0.4$ ）
不开工	1 000元期望损失（ $1\,000 \times 0.6$ ）	1 000元期望损失（ $1\,000 \times 0.4$ ）

第二步：绘制决策树

1. 计算期望收益并标注在决策树上。

开工方案下预期收益值： $30\,000 \times 0.6 + (-10\,000) \times 0.4 = 14\,000$ （元）

不开工方案下预期损失值： $1\,000 \times 0.6 + 1\,000 \times 0.4 = 1\,000$ （元）

2. 剪枝决策：比较两个方案并剪去期望收益较小的方案枝。

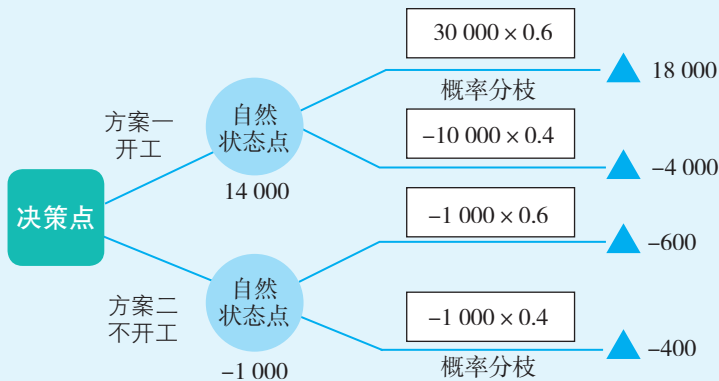


图4-7 图书馆墙面翻新维修工程决策树模型

讨论：

- 1. 判断以上工程项目是否开工。
- 2. 想一想这种工程决策方法在图书馆改造工程中还可能有哪些运用，试举例说明。

■ 层次分析评价法

利用层次分析法分析研究一个有层次结构的决策问题时，需要根据问题的性质和要达到的目标，将其分解为不同的组成因素，并按照各因素之间的相互关联影响和隶属关系将所有因素按若干层次聚集组合，形成一个多层次的分析结构模型，并在此基础上进行定性和定量分析，然后进行决策。层次分析结构模型一般可以分为目标层、准则层和方案层。

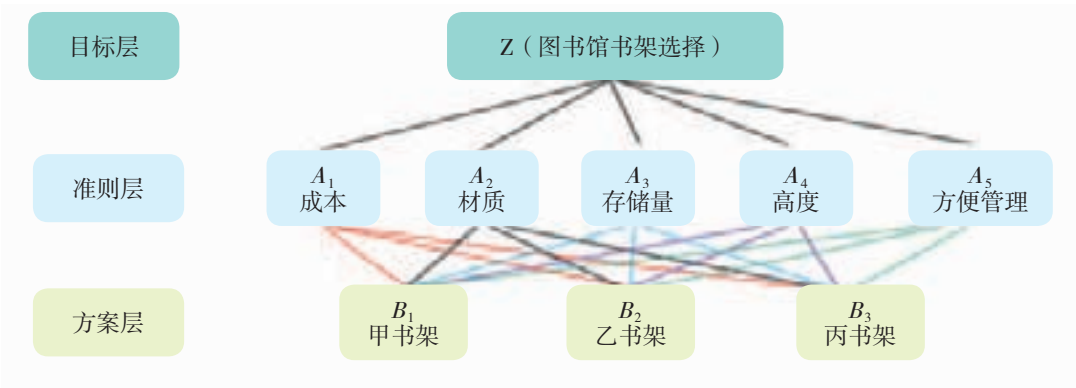


图4-8 图书馆书架方案决策层次分析结构模型



判断矩阵

在确定各层次各因素之间的权重时，如果只是定性的结果则常常不容易被人接受。层次分析法的信息基础主要是人们对每一层次各因素的相对重要性给出的判断，这些判断用数值表示出来，写成矩阵形式就是判断矩阵。判断矩阵是层次分析法工作的出发点，构造判断矩阵是层次分析法的关键一步。

例如，购买一台满意的设备，P1为功能强，P2为价格低，P3为维修容易。通过对P1、P2、P3的两两比较后作出的判断矩阵P如下：

	P1	P2	P3
P1	1	1/3	2
P2	3	1	5
P3	1/2	1/5	1

功能强

价格低

易维修

衡量判断矩阵质量的标准是矩阵中的判断是否有满意的一致性。



在工程设计评价与决策过程中为什么要进行定性和定量分析？



1. 访问一位校园改造工程的负责人，并向他了解学校在招投标方案决策时是如何操作的。
2. 学校图书馆改造过程中要更换地板，请从表格中所列的因素对地板材料进行调查，并根据下表进行决策。

因素	价格	材质	防潮	耐磨度	施工难度	总分
权重						
实木地板						
复合地板						
水磨石地板						
瓷砖地板						

3. 某企业为了生产某种新产品，决定对一条生产线的技术改造问题拟出两种方案，一是全部改造，二是部分改造。若采用全部改造方案，需投资300万元；若采用部分改造方案只需投资180万元。两个方案的使用期都是10年。估计在此期间，新产品销路好的概率是0.75，销路差的概率是0.25，两个改造方案的年度损益值如下表所示。请问：该企业的管理者应如何决策改造方案？

方 案	投 资	年 度 损 益 值		使用期/年
		销路好 ($P=0.75$)	销路差 ($P=0.25$)	
甲：全部改造	300万元	100万元	30万元	10
乙：部分改造	180万元	45万元	10万元	10



二、探究工程项目的规划、管理与评估



学习目标

- 任务一 明确工程项目管理的内容与方法
 - 任务二 实施简单的工程项目规划、管理和评估
1. 通过案例分析，能阐述工程管理的內容与方法。
 2. 通过实践活动，能用常见的工程管理工作方法进行简单的工程项目规划、管理、评估。



走进情境

天地人工程建设公司如期进场施工。为了不影响教学活动和师生正常生活，总工程师带领工程管理人员认真研究编制工程实施计划、项目管理规划，并对项目任务进程和以后可能出现的问题进行评估，合理规避工程风险，保障工程如期竣工。



任务一 明确工程项目管理的内容与方法

在进行工程项目管理时，应把工程项目作为一个系统进行管理。在具体实施过程中，为了保证该工程能够顺利高效完成，我们必须对工程项目的全生命周期进行监督。工程项目的全生命周期应该包括工程项目的决策阶段、实施阶段和使用阶段。其中决策阶段包括项目建议书、可行性研究，实施阶段包括设计工作、建设准备、建设工程以及使用前竣工验收等。管理的内容有进度、质量和成本等。

■ 工程项目管理中的进度控制

工程项目的进度控制，是指对工程项目各建设阶段的工作内容、工作程序、持续时间和逻辑关系编制计划，并在该计划付诸实施的过程中，经常检查实际进度是否按计划要求进行。对出现的偏差要分析原因，采取补救措施，或者调整、修改原计划，直至工程竣工，交付使用。控制工程项目管理中的进度是设计方、施工方履行合同的义务。

工程 项目 总 进 度	设计前准备阶段的工作进度
	设计工作进度
	招标工作进度
	施工前准备工作进度
	工程施工和设备安装工作进度
	工程物资采购工作进度
	项目投入使用前的准备工作进度

工程项目进度管理常用的工具和方法有：甘特图、双代号网络图等。

甘特图 又叫横道图，在工程项目建设领域中应用非常普遍，因为它以图示的方式通过活动列表和时间刻度形象地表示出任何特定项目的活动顺序与持续时间，人们很容易就能看懂计划编制的意图。

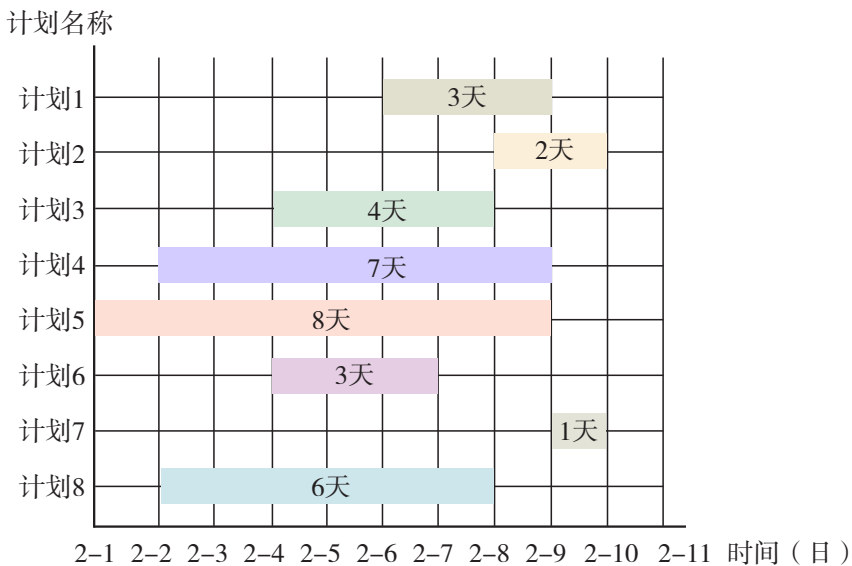


图4-9 甘特图模型



案例分析

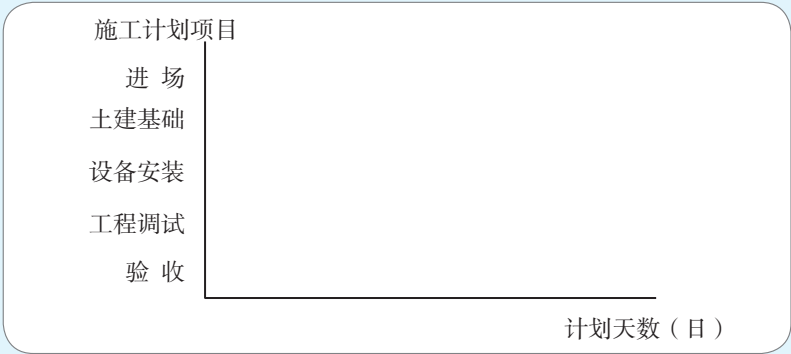
图书馆宽带网络设施改造工程分析

滨江高级中学图书馆宽带网络设施需要跟随改造工程一起升级，网络公司施工人员为了高效顺利地完 成该工程中的网络通信线缆改造，制订了工程项目实施计划，时间安排如下表所示。

项目	天数			
	1	2	8	20
进场	★			
土建基础				★
设备安装			★	
工程调试		★		
验收			★	
工程合计天数	39			



- 思考：
- 1. 请分析施工项目，尝试写出工程各项目之间的逻辑关系。
 - 2. 请帮工程施工监督人员画出本工程项目的甘特图。



双代号网络图 我国《工程网络计划技术规程》中推荐使用双代号网络图来作施工进度计划编制与控制。双代号网络图是以箭线及其两端节点的编号表示工作的网络图，如下图所示。

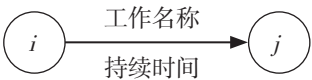


图4-10 双代号网络图工作的表示方法

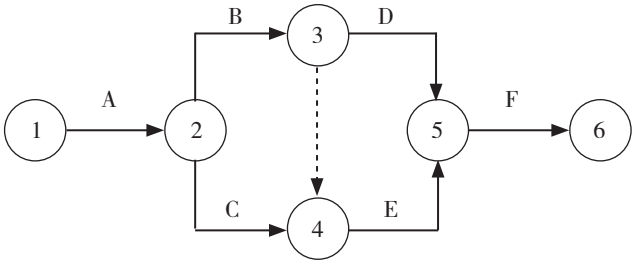


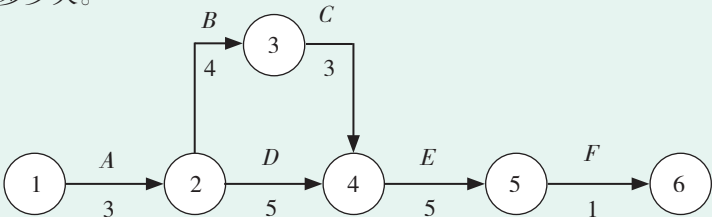
图4-11 双代号网络图

图中每一条箭线表示一项工作。节点*i*表示该工作的开始，节点*j*表示该工作的完成。任一实箭线都要占用时间，消耗资源。虚箭线是实际工作中并不存在的一项虚设工作，故它们既不占用时间，也不消耗资源，一般起着工作之间的联系、区分和断路三个作用。



马上行动

滨江高级中学图书馆强电改造工程进度计划如下图所示（时间单位：天），请说说该计划的计划工期是多少天。



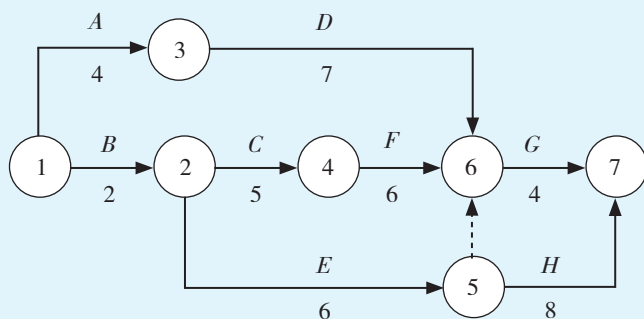
双代号网络图中的关键路径是指设计中从输入到输出经过的延时最长的逻辑路径。它是一种计划管理方法。关键路径法是现代项目管理中最重要的一种分析工具。在网络计划执行过程中,关键路径有可能转移。



案例分析

关键路径的转移

当图书馆改造工程准备开工时,施工企业根据该工程实际情况调整了装修施工组织设计文件,编制了装修施工进度网络计划,经总监理工程师审核批准后组织实施。



在施工过程中发生了以下事件:工作E原计划6天完工,由于设计变更,改变了主要材料规格和材质,经总监理工程师批准,E工作计划改为9天完成,其他工作与时间执行原网络计划。

思考:

1. 图书馆装修工程原网络计划的关键施工计划工期是多少天?
2. 说说图书馆装修工程实际关键路径,并计算出实际工期。

为实现进度目标,不仅应进行进度控制,还应注意分析影响工程进度的风险,并在分析的基础上采取风险管理措施,以减少进度失控的风险量。常见的风险有组织风险、管理风险、合同风险、资源风险和技术风险等。



马上行动

材料1:学校图书馆改造工程中,因为中央空调招标方案临时变更,空调迟迟没有到达施工现场,导致很多工作无法开展,严重影响施工进度和质量。

材料2:学校图书馆改造工程项目总承包单位发现分包单位由于装潢工艺落后无法完成设计方提供的复杂方案,导致装修工程一度停工。

材料3:分包单位因为在铺设地板过程中操作不当,导致图书馆地板未使用就已经严重损坏,被监理工程师通知返工。

1. 请根据以上材料,小组内的同学进行角色扮演,模拟各方面的关系和立场。
2. 针对这些问题并结合生活中的案例,小组讨论后说说在管理中如何才能避免工程进度风险。

■ 工程项目管理中的质量控制

项目质量管理通过对质量问题的原因分析并采取纠偏措施以消除项目质量差距与问题。质量控制的基本方法有质量检验法、核检清单法、控制图法、抽样方法、流程图法、趋势分析法等。



滨江高级中学图书馆改造工程实施过程中监理工程师发现以下问题：（1）工地材料摆放混乱，标识牌不齐全；（2）施工工地水泥有一些无合格证，进场后没有抽样复验记录；（3）建筑施工队购买的混凝土砌块强度不够，测量后发现其规格尺寸不符合要求；（4）施工现场发现，工人用7 mm的钢筋代替8 mm的钢筋。

讨论:

1. 上述问题属于工程质量问题的有哪些?
2. 上述问题的发现方法属于质量检验法的有哪些?
3. 假设你是监理工程师, 请针对案例中的问题提出质量改进措施。

全面质量是一个关于质量的更广泛概念。通过提升设计、制造及过程控制来避免产品缺陷的理念在全面质量管理中具有重要作用。为了达到全面质量的目标，质量必须在评价指标体系中居于第一优先的地位。全面质量管理中的“全面”也体现在对产品全生命周期的管理，即应包括用后的处理。

■ 工程项目管理中的成本控制

成本作为项目管理的一个关键性目标，它要求在保证工期和质量满足要求的情况下，采取相应的管理措施，包括组织措施、经济措施、合同措施等把成本控制计划范围内，并最大限度地节约成本。

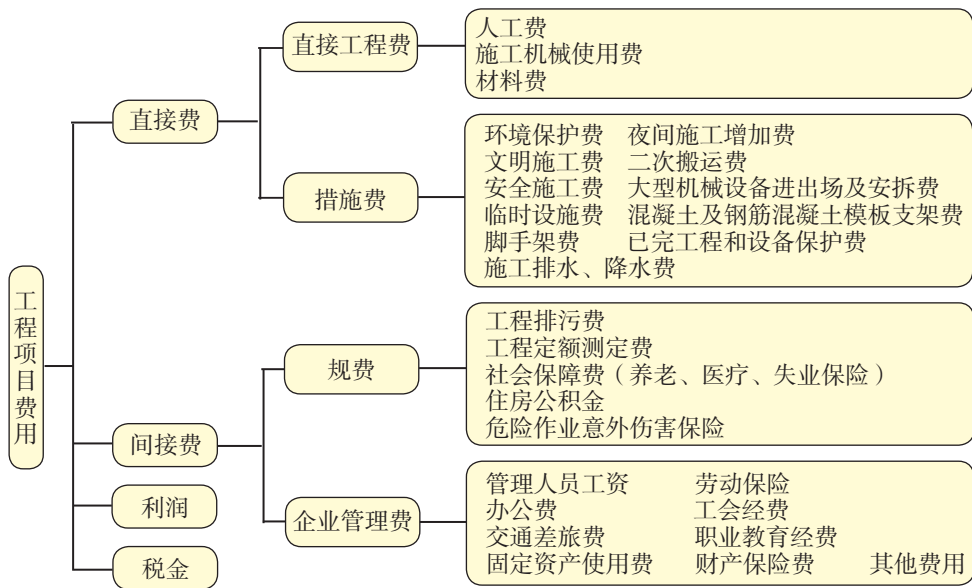


图4-12 工程项目费用组成

成本核算法是通过一定的方式方法，对项目施工过程中发生的各种费用成本进行逐一统计考核的一种科学管理活动。下表是以直接费为基础计算工程造价的方法对照表。

序号	费用项目	计算方法
1	直接工程费	按定额确定
2	措施费	按定额确定
3	小计	序号1+序号2
4	间接费	序号3乘以相应费率
5	利润	(序号3+序号4)乘以利润率
6	税	(序号1+序号4+序号5)乘以税率
7	不含税造价	序号3+序号4+序号5
8	含税造价	序号7乘以(1+税率)



案例分析

图书馆改造工程造价控制

天地人工程建设公司根据《建设工程施工合同（示范文本）》（GF-1999-0201）与滨江高级中学签订总承包施工合同。按照公司成本管理规定，首先要对该项目成本预测，其中，人工费18.7万元、材料费50.4万元、机械使用费5.5万元、施工措施费10.4万元、施工管理费4.6万元、税金3万元，然后将预测结果下达给项目经理部进行具体施工成本管理。

总承包施工合同是以工程量清单为基础的固定单位合同。合同约定：当刷墙分项工程、铺地板分项工程实际工程量与清单工程量差异幅度在 $\pm 5\%$ 以内时，按照清单价结算；超出清单量幅度大于5%时，按清单价的90%结算；减少幅度大于5%时，按清单价的1.1倍结算。工程量清单如下：

分项工程	刷墙	铺地板
清单价（元/ m^2 ）	42	130
清单工程量（ m^2 ）	540	480
实际工程量（ m^2 ）	580	440

思考：

1. 根据成本预测资料，计算该项目的直接成本。
2. 刷墙和铺地板这两个分项工程单价是否需要调整？
3. 请算出刷墙和铺地板这两项工程结算的工程价款。



任务二 实施简单的工程项目规划、管理和评估

进行工程项目实践时，项目的规划、管理和评估需要综合运用方案评估与决策的方法和项目实施中的时间控制、质量控制和成本控制手段。

项目管理规划的内容主要包括：项目概况、项目范围管理规划、项目管理目标规划、项目管理组织规划、项目成本管理规划、项目进度管理规划、项目质量管理规划、项目风险管理规划、项目收尾管理规划等。



马上行动

滨江高级中学图书馆后面有一个小房间，现在建设公司要将其打造成一个多功能储物间。请为该储物间的改造工程编制一个简单的项目规划书。

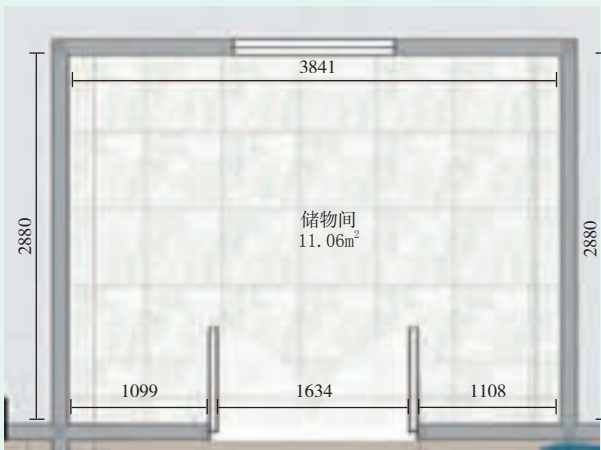


图4-13 滨江高级中学图书馆小房间平面图



马上行动

下表是滨江高级中学图书馆多功能储物间改造工程中储物柜所需材料清单列表。

材料	规格	数量	单价	总价	合计
实木颗粒板	2 440 mm × 1 220 mm × 17 mm	5 张	78元 /张		
单芯多股铜芯 电线	1.5 mm ²	10 米	13.9元 /米		
生态板	2 440 mm × 1 220 mm × 17 mm	2 张	55元 /张		
有机钢化茶色 玻璃镜	900 mm × 1 200 mm × 10 mm	1 张	312元 /张		

储物间装修改造施工中各工种计划完工周期如下表所示：

工种	工期			
	2天	2天	8天	1天
瓦 工		★		
木 工			★	
电 工				★
墙面粉刷工	★			

施工中各工种实际完工周期如下表所示：

工种	工期			
	3天	2天	10天	1天
瓦 工		★		
木 工			★	
电 工				★
墙面粉刷工	★			

1. 请用甘特图表述储物间装修改造施工中各工种计划完工周期及实际完工周期。
2. 用双代号网络图表示施工进度，并给出施工关键路径。
3. 请计算制作储物柜所用材料的费用。
4. 假设瓦工工资200元 /天，木工工资300 元/天，电工工资250元 /天，墙面粉刷工工资200元 /天，600 mm × 600 mm地板瓷砖40 元/块，墙面材料100元 /m²。请结合上述材料为该改造工程进行简单的成本评估。

天地人工程建设公司的施工全部结束后，第三方监理公司对该工程的评估也顺利完成，学校组织的评审专家在看了评估报告并现场验收后，该公司按时完成了图书馆的交付使用。滨江高级中学的图书馆改造工程终于画上了圆满的句号。



图4-14 滨江高级中学图书馆改造完毕后的局部展示



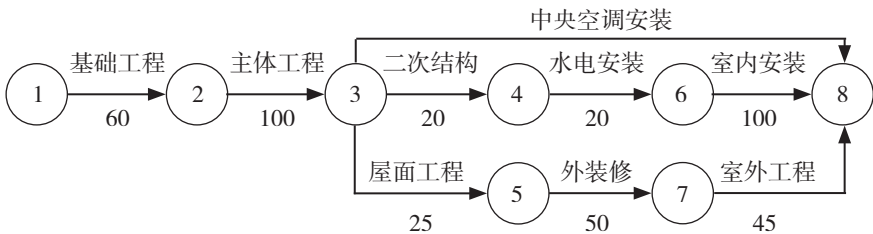
双代号网络图中的关键路径有没有可能不唯一？



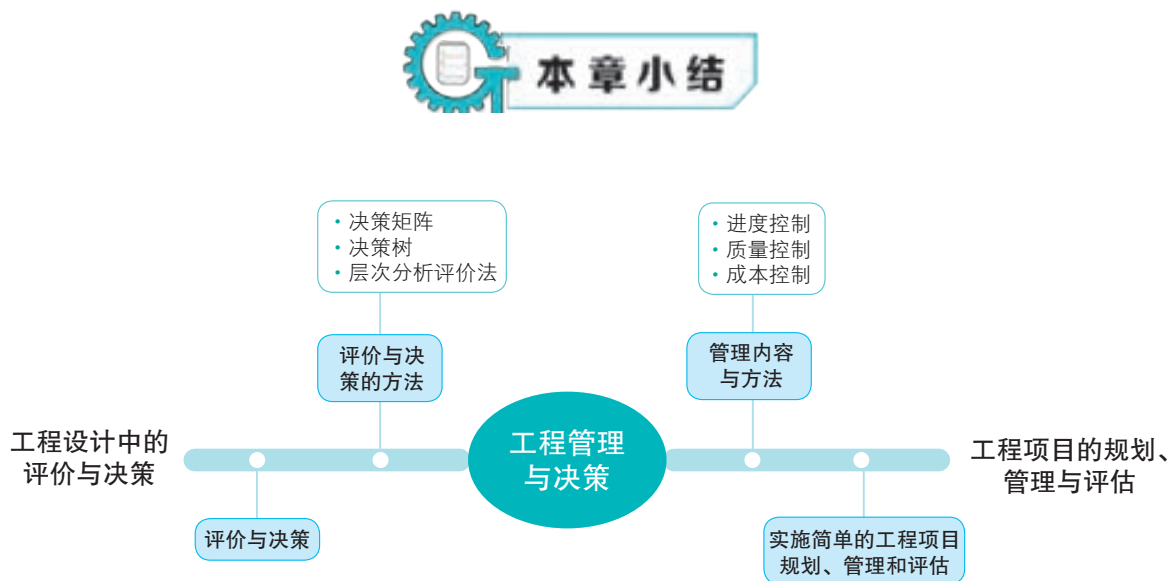
1. 某单位的一项工程，直接工程费中的人工费为200万元，材料费为600万元，机械费为100万元，措施费费率为20%，间接费费用为10%，利润率为5%，综合税率为3.41%。请以直接费为计算基础，计算该单位工程的造价。
2. 如下表所示是若干个项目计划完成工期与实际完成工期，请将表中各个项目工期用甘特图表示出来。

项目	计划开始日期	实际开始日期	计划完成时间	实际完成时间	计划用时	实际用时
项目1	2019-9-8	2019-9-8	2019-9-9	2019-9-10	2	3
项目2	2019-9-10	2019-9-10	2019-9-11	2019-9-12	2	3
项目3	2019-9-13	2019-9-13	2019-9-17	2019-9-14	5	2
项目4	2019-9-18	2019-9-18	2019-9-20	2019-9-20	3	3
项目5	2019-9-24	2019-9-24	2019-9-26	2019-9-28	3	5

3. 某综合工程业主与施工单位双方签订了工程施工总承包合同，施工单位编制的施工进度计划网络图得到了监理工程师的批准，如下图所示。（时间单位：天）



- (1) 该施工总承包单位施工总进度计划的工期是多少天？
- (2) 指出施工进度计划网络图中的关键线路。



1. 请调查一项校园改造工程，从工程管理的角度了解学校、承包单位、分包单位、监理单位、政府部门、学校周边市民等组织或人是如何参与这一工程的？探寻在该工程项目施工前、中、后三个阶段分别有哪些成本控制、质量控制、工期控制的事情发生。写一份调查报告。

2. 某市拟建预制构件厂，现有三个方案可供选择：一次性投资建大厂，需投资300万元；一次性投资建小厂，需投资160万元；先建小厂，三年后如果产品销路好，则再扩建为大厂，需投资140万元。工厂的使用年限按10年计算。三个方案在前三年和后七年销路好、销路差的概率如下：

前三年销路好的概率为0.75，销路差的概率为0.25。

若前三年销路好，则后七年销路好的概率为0.85，销路差的概率为0.15。

若前三年销路差，则后七年销路差的概率为0.9，销路好的概率为0.1。

各方案年均收益及投资情况如下表所示：

单位：万元

方 案	投 资	年 收 益			
		前3年		后7年	
		销 路 好	销 路 差	销 路 好	销 路 差
建 大 厂	300	100	20	160	40
建 小 厂	160	40	10	40	10
经营好扩建	追加140			160	10



(1) 计算期望收益并标注在决策树上。

(2) 请用剪枝决策比较三种方案并减去期望收益较小的方案枝。

3. 某设计师在援助某农村学校时，发现当地缺少一个图书馆，于是他与其团队准备为当地设计一座小型图书馆。他们根据现场条件，利用村里现有的挡土墙作为该图书馆的一部分，巧妙地省去了搞基建的费用。他们在屋顶下添加了悬挂的书架和围护结构，将下面的空间做成了一个小图书馆。请根据下面几幅图片提供的信息，猜想材料清单，并估算该设计团队制作这个图书馆的成本。



第四章

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
能说明工程设计中的评价与决策的重要性（TA、ET）			
能通过案例分析，阐述决策模型的基本要素和类型（TA、ET）			
能通过实践活动，掌握工程设计中常见的评价与决策的方法（TA、ET）			
能通过案例分析，阐述工程管理的 content 与方法（TA、ET）			
学会用常见的工程管理方法进行简单的工程项目规划、管理、评估（TA、ET、CM）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	

后 记

2017 年教育部颁布了《普通高中通用技术课程标准（2017 年版）》，规定高中通用技术课程的结构由必修、选择性必修、选修三大部分组成。其中，必修 2 册（技术与设计 1、技术与设计 2），选择性必修包括四大系列 11 册（“技术与生活”系列 3 册，包括现代家政技术、服装及其设计、智能家居应用设计；“技术与工程”系列 3 册，包括工程设计基础、电子控制技术、机器人设计与制作；“技术与职业”系列 2 册，包括技术与职业探索、职业技术基础；“技术与创造”系列 3 册，包括创造力开发与技术发明、产品三维设计与制造、科技人文融合创新专题），选修 4 册（传统工艺及其实践、新技术体验与探究、技术集成应用专题、现代农业技术专题）。本套教科书由长期从事技术教育专业的普通高中通用技术课程标准研制组组长、南京师范大学顾建军教授主编，教育部普通高中通用技术课程标准组核心成员、海南省教育研究培训院段青特级教师和清华大学基础工业训练中心主任李双寿教授为副主编，以高中通用技术课程标准研制组专家、高校学者、教研员、一线优秀通用技术教师为主体进行设计和编写。

本教科书是根据教育部《普通高中通用技术课程标准（2017 年版）》中“工程设计基础”模块的内容要求编写的，供高二年级选修之用。

《工程设计基础》的编写着眼于提高学生通用技术学科的核心素养，帮助学生形成技术意识、工程思维、创新设计、图样表达、物化能力。教科书通过情境导入、任务引领、问题嵌入、活动贯穿等努力整合技术内容所蕴含的原理、思想和方法，并强化学生运用技术原理分析和解决实际问题的能力，发展技术意识和工程思维；通过丰富多彩的设计性、探究性、创造性活动，如技术试验、技术探究、技术操作等活动激发学生的开放性、批判性思考和创造潜能，使学生的创新能力得到进一步发展。注重学生工匠精神的培育，通过作品制作、工艺实践、技术试验、方案物化及优化等，培养学生严谨细致、专心致志、精益求精、追求卓越等良好品质。

本教科书由顾建军、奚鹰、陈长亚任主编，参与编写的有顾建军、奚鹰、陈长亚、许一鸣、陈界山、丛敏、潘登等老师，参与讨论的还有王洁、杨秋月、陈乾等，全书由顾建军、奚鹰统稿。

本教科书在浙江、江苏、北京、海南、福建、甘肃、辽宁、新疆等省、直辖市、自治区进行了试教。根据师生反馈，我们对本教科书先后进行了多次修订。在此感谢参加试教的各位老师，为我们提出了宝贵的建议。江苏凤凰教育出版社邵键、董秀敏等为本书的出版付出了艰辛的劳动，在此一并表示衷心的感谢。

编 者

2020 年 6 月

感谢您使用本书，您在使用本书时有建议或疑问，请及时与我们联系。

联系电话：025-83658728

电子邮箱：jsep_gaojian@126.com

普通高中教科书
通用技术 选择性必修3
书 名 工程设计基础
主 编 顾建军 奚 鹰 陈长亚
责任编辑 郜 键 董秀敏
出版发行 江苏凤凰教育出版社（南京市湖南路1号A楼 邮编 210009）
排 版 南京新华丰制版有限公司
印 刷 江苏扬中印刷有限公司（电话：0511-88420818）
厂 址 江苏扬中市大全路6号（邮编 212212）
开 本 890 毫米×1 240 毫米 1/16
印 张 6
版 次 2020年6月第1版
印 次 2020年6月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5499-8712-2
本书定价 7.53元
盗版举报 025-83658579

苏教版图书若有印装错误可向出版社联系调换
质量热线：025-83658528 025-83658526

审批号：苏费核（2021 年）0253 举报电话：12315



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5499-8712-2



9 787549 987122 >

定价:7.53 元



致力于用榜样的力量提升学生成绩的共享家教平台

中国家庭教育学会荣誉会员单位

985/211 大学生 1对1 上门辅导

找家教就像叫“代驾”一样简单
家长们都在偷偷用的家教预约神器

记得拍照留存哦



扫码关注 预约上门

关注送200元优惠券

小初高全科辅导

学霸云集任您挑

学历真实可担保



与优秀大学生同行，激发孩子无限潜能



微信搜索公众号：365优教网

咨询热线：4000-711-365

YOUJ 优教

既是找老师，更是找榜样

家教老师全国招募中